



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Over dit boek

Dit is een digitale kopie van een boek dat al generaties lang op bibliotheekplanken heeft gestaan, maar nu zorgvuldig is gescand door Google. Dat doen we omdat we alle boeken ter wereld online beschikbaar willen maken.

Dit boek is zo oud dat het auteursrecht erop is verlopen, zodat het boek nu deel uitmaakt van het publieke domein. Een boek dat tot het publieke domein behoort, is een boek dat nooit onder het auteursrecht is gevallen, of waarvan de wettelijke auteursrechttermijn is verlopen. Het kan per land verschillen of een boek tot het publieke domein behoort. Boeken in het publieke domein zijn een stem uit het verleden. Ze vormen een bron van geschiedenis, cultuur en kennis die anders moeilijk te verkrijgen zou zijn.

Aantekeningen, opmerkingen en andere kanttekeningen die in het origineel stonden, worden weergegeven in dit bestand, als herinnering aan de lange reis die het boek heeft gemaakt van uitgever naar bibliotheek, en uiteindelijk naar u.

## Richtlijnen voor gebruik

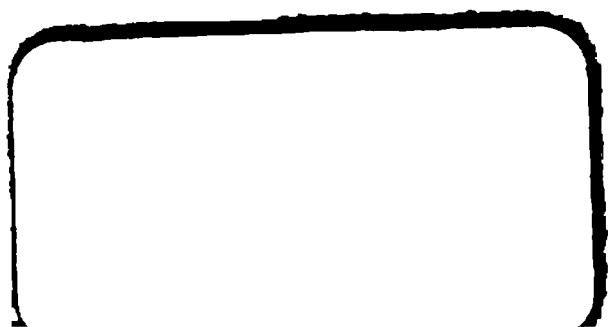
Google werkt samen met bibliotheken om materiaal uit het publieke domein te digitaliseren, zodat het voor iedereen beschikbaar wordt. Boeken uit het publieke domein behoren toe aan het publiek; wij bewaren ze alleen. Dit is echter een kostbaar proces. Om deze dienst te kunnen blijven leveren, hebben we maatregelen genomen om misbruik door commerciële partijen te voorkomen, zoals het plaatsen van technische beperkingen op automatisch zoeken.

Verder vragen we u het volgende:

- + *Gebruik de bestanden alleen voor niet-commerciële doeleinden* We hebben Zoeken naar boeken met Google ontworpen voor gebruik door individuen. We vragen u deze bestanden alleen te gebruiken voor persoonlijke en niet-commerciële doeleinden.
- + *Voer geen geautomatiseerde zoekopdrachten uit* Stuur geen geautomatiseerde zoekopdrachten naar het systeem van Google. Als u onderzoek doet naar computervertalingen, optische tekenherkenning of andere wetenschapsgebieden waarbij u toegang nodig heeft tot grote hoeveelheden tekst, kunt u contact met ons opnemen. We raden u aan hiervoor materiaal uit het publieke domein te gebruiken, en kunnen u misschien hiermee van dienst zijn.
- + *Laat de eigendomsverklaring staan* Het "watermerk" van Google dat u onder aan elk bestand ziet, dient om mensen informatie over het project te geven, en ze te helpen extra materiaal te vinden met Zoeken naar boeken met Google. Verwijder dit watermerk niet.
- + *Houd u aan de wet* Wat u ook doet, houd er rekening mee dat u er zelf verantwoordelijk voor bent dat alles wat u doet legaal is. U kunt er niet van uitgaan dat wanneer een werk beschikbaar lijkt te zijn voor het publieke domein in de Verenigde Staten, het ook publiek domein is voor gebruikers in andere landen. Of er nog auteursrecht op een boek rust, verschilt per land. We kunnen u niet vertellen wat u in uw geval met een bepaald boek mag doen. Neem niet zomaar aan dat u een boek overal ter wereld op allerlei manieren kunt gebruiken, wanneer het eenmaal in Zoeken naar boeken met Google staat. De wettelijke aansprakelijkheid voor auteursrechten is behoorlijk streng.

## Informatie over Zoeken naar boeken met Google

Het doel van Google is om alle informatie wereldwijd toegankelijk en bruikbaar te maken. Zoeken naar boeken met Google helpt lezers boeken uit allerlei landen te ontdekken, en helpt auteurs en uitgevers om een nieuw leespubliek te bereiken. U kunt de volledige tekst van dit boek doorzoeken op het web via <http://books.google.com>



Swinton  
OKG









GRONDBEGINSELS  
DER  
MEETKUNDE,

DOOR

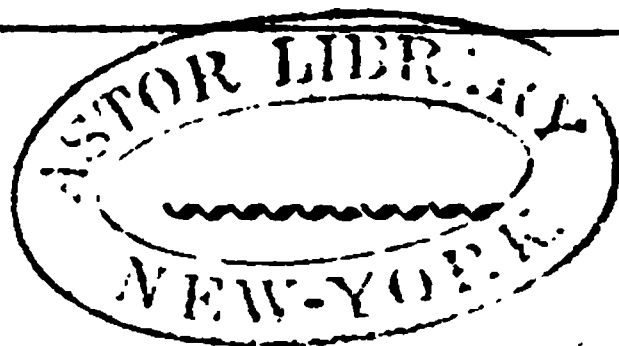
J. H. VAN SWINDEN,

*Hoogleraar in de Wijsbegeerte, Wis-, Natuur- en Sterrekunde  
te Amsterdam; Lid van het Koninklijk Nederlandsch Instituut  
van Wetenschappen, Letterkunde en Kunsten, van de  
Koninklijke Academie te Brussel, en van verscheide  
geleerde Genootschappen: Correspondent van de  
Koninklijke Academie van Wetenschappen,  
te Parijs.*

---

TWEEDE, VERBETERDE, EN VEEL VERMEERDERDE DRUK.

---



TE AMSTERDAM, BIJ  
PIETER DEN HENGST EN ZOON,  
MDCCCXVI.

*Da veniam scripsis, quorum non gloria nobis  
Causa, sed utilitas officiumque fuit.*

**OVID. Epist. IX. Ex Ponto Lib. III.**

XXIV  
218  
YBA

# I N H O U D.

---

Voorberigt. . . . .	Bl. I
Voorrede van den eersten druk. . . . .	IV
Aanwijzing der Wiskundigen, wier uitvindingen ver- meld, of wier schriften, in dit werk, aange- haald worden. . . . .	XIX
Aanwijzing van Tafels. . . . .	XXXII
Aanwijzing der Mathematische Werktuigen in dit werk aangehaald. . . . .	XXXV
Uitlegging der Teekens die men gebruikt. . . . .	XXXVI
Aanhaling der Propositien van EUCLIDES. . . . .	XXXVIII
INLEIDING. . . . .	XLVII
I. BOEK. Over de algemeene eigenschappen der regte lijnen, zoo wel in zich zelf beschouwd, als in zoo verre zij de hoeken van driehoeken en vierhoeken uitmaken, of derzelver zijden zijn.	
Inleiding. . . . .	I
I. AFDEELING. Over de regte lijnen op zich zelve beschouwd. . . . .	9
II. AFDEELING. Over de zijden en hoeken van drie- hoeken en parallelogrammen. . . . .	22
† 2	II.



# I N H O U D.

<b>II. BOEK.</b>	<b>Over den inhoud van regtlijnige figuren.</b>	<b>Bl. 44</b>
	Inleiding.	44
<b>I. AFDEELING.</b>	<b>Over den inhoud van regthoeken en vierkanten op gegeven lijnen gesteld , of uit de verdeeling daarvan gesproten.</b>	<b>48</b>
<b>II. AFDEELING.</b>	<b>Over den inhoud van driehoeken en parallelogrammen (*).</b>	<b>57</b>
<b>III. AFDEELING.</b>	<b>Over de veelhoeken.</b>	<b>76</b>
<b>III. BOEK.</b>	<b>Over de evenredigheid.</b>	<b>86</b>
	Inleiding.	86
<b>I. AFDEELING.</b>	<b>Over de geometrische evenredigheid.</b>	<b>98</b>
	Bepalingen.	98
	Vooronderstellingen en Axiomata.	109
	Eigenschappen der geometrische evenredigheden.	111
	Eigenschappen der geometrische reeksen of progressen.	124
<b>II. AFDEELING.</b>	<b>Over de arithmetische evenredigheid.</b>	<b>130</b>
<b>III. AFDEELING.</b>	<b>Over de harmonische evenredigheid.</b>	<b>136</b>
<b>IV. AFDEELING.</b>	<b>Over de logarithmen.</b>	<b>145</b>
<b>IV. BOEK.</b>	<b>Over de gelijkvormigheid der figuren, en de rede van derzelve zijden en inhouden.</b>	<b>156</b>
	Inleiding.	156
<b>I. AFDEELING.</b>	<b>Over de gelijkvormigheid van driehoeken en parallelogrammen , en de rede van derzelve inhoud.</b>	<b>158</b>
	<b>II.</b>	<b>II.</b>

(\*) Zie op Voorstel XX, het I. Hoofdstuk van het Aanhangsel.

# I N H O U D.

II. AFDEELING. Over lijnen in uiterste en middelste rede gesneden.	Bl. 187
III. AFDEELING. Over de gelijkvormige veelhoeken.	193
V. BOEK. Over den cirkel.	202
Inleiding.	202
I. AFDEELING. Over de lijnen die in, of tot den cirkel getrokken worden.	206
II. AFDEELING. Over de hoeken in den cirkel.	210
III. AFDEELING. Over de lijnen die zich in den cirkel snijden, of door denzelfven gesneden worden.	214
IV. AFDEELING. Over de cirkels die elkander raken of snijden.	231
VI. BOEK. Over de veelhoeken in en om den cirkel beschreven.	234
Inleiding.	234
I. AFDEELING. Algemeene eigenschappen der veelhoeken in en om den cirkel beschreven.	235
II. AFDEELING. Over de regelmatige veelhoeken in en om den cirkel beschreven.	242
III. AFDEELING. Over de eigenschappen van eenige bepaalde regelmatige veelhoeken in den cirkel beschreven.	253
IV. AFDEELING. Over de eigenschappen van volgende veelhoeken ten opzichte van voorgaande.	259

## I N H O U D.

V. AFDEELING. Over de veelhoeken die door het trekken van diagonalen in en uit andere veelhoeken gevormd worden. . . . .	269
VII. BOEK. Over den omtrek, en den inhoud van den cirkel. . . . .	280
I. AFDEELING. Over de limieten der grootheden en der reden. . . . .	280
II. AFDEELING. Over den omtrek en den inhoud van den cirkel. . . . .	290
III. AFDEELING. Over de rede van den omtrek des cirkels tot de middellijn. . . . .	299
VIII. BOEK. Over het meten van hoeken door cirkelbogen; en het berekenen van dezelve door choorden, sinusen, tangenten, en secanten. . . . .	320
I. AFDEELING. Over het meten van hoeken door cirkelbogen. . . . .	320
II. AFDEELING. Over het meten en berekenen der hoeken en bogen door choorden, sinusen, tangenten en secanten. . . . .	327
III. AFDEELING. Over de Sinus-Tafels en de Goniometrische Schalen. . . . .	360
IV. AFDEELING. Over de formules voor goniometrische lijnen. . . . .	367
V. AFDEELING. Over het gebruik der Sinus-Tafels, ter gemakkelijker berekening van eenige grootheden. . . . .	377
IX. BOEK. Over de driehoeksmeting. . . . .	380
Inleiding. . . . .	380
	I.

# I N H O U D.

I. AFDEELING.	Over de regthoekige driehoeken.	Bl. 382
II. AFDEELING.	Over de scheefhoekige driehoeken.	389
III. AFDEELING.	Over de oplossing der driehoeken in bijzondere gevallen, wanneer slechts twee hoeken, of zijden, en het verschil, of de som, van twee andere hoeken, of zijden, gegeven zijn.	410
IV. AFDEELING.	Aanmerkingen over eenige bijzondere gevallen in den praktijk.	419
X. BOEK.	Over de ligging en snijding der vlakken.	434
XI. BOEK.	Over de ligchamelijke figuren die door vlakke oppervlakten bepaald zijn.	441
I. AFDEELING.	Over de ligchamelijke hoeken.	441
II. AFDEELING.	Over de lichamen die door vlakke oppervlakten bepaald worden.	449
III. AFDEELING.	Over de regelmatigige ligchamelijke figuren.	484
IV. AFDEELING.	Over de beschrijving der regelmatigige lichamen in elkander.	509
XII. BOEK.	Over de ligchamelijke figuren die door kromme oppervlakten bepaald zijn.	514
I. AFDEELING.	Over den cilindcr, of rol.	514
II. AFDEELING.	Over den kegel.	522
III. AFDEELING.	Over den kloot, of bol.	530
IV. AFDEELING.	Over de inschrijving der regelmatigige lichamen in den kloot.	550

# I N H O U D.

V. AFDEELING. Over de cirkels die op de oppervlakte des kloots getrokken worden, en de maat der deelen welke daaruit ontstaan. 559

AANHANGSEL. . . . . 577

WERKSTUKKEN.



VOOR

# V O O R B E R I G T.

*Sedert het jaar 1790, dat deze Grondbeginsels der Meetkunde voor het eerst in 't licht verschenen, zijn er verscheide werken over de Wiskunde in het algemeen, en over de Meetkunde in 't bijzonder, in onze taal uitgekomen, die zeer groote, hoewel zeer verschillende, verdiensten bezitten. Na deze verklaring zal men mij mischien vragen, waarom ik dan niet in die werken berust, en de wereld nog met een nieuw boek over de zelfde stoffe bezwaar? Het antwoord is eenvoudig. Niettegenstaande het aanwezen der zoo even bedoelde werken, en derzelve nog steeds toenemend getal, hebben deze Grondbeginsels een zoo gunstig onthaal genoten dat zij geheel uitverkocht zijn, en de uitgevers eenen nieuwen druk daarvan begeerden opteleggen. Ik had te minder redenen om mij daaraan te onttrekken, dan ik mij in staat bevond het werk zeer aanmerkelijk te verbeteren.*

*Tot die verbetering hebben zeer veel toegebragt, vooreerst het gebruik dat ik, gedurende zes-en-twintig jaren, van dit werk in mijne lessen gemaakt heb, en waardoor ik alle deszelfs zwakke plaatsen, mischien meer dan iemand, heb leeren kennen; ten anderen de vorderingen die ik zelf, in dien tijd, in de Meetkunde, vooral in het onderwijs daarvan heb gemaakt: vervolgens de aanmerkingen die verscheide*  
\* *mij-*



mijner leerlingen mij, van tijd tot tijd, hebben medegedeeld: die, welke ik ontvangen heb, reeds vóór lang, van den voortreffelijken Wiskundigen, den Heer O. S. BANGMA, Lid des Koninklijken Nederlandschen Instituuts: daarna van de Hoogleeraren PIERSON THOLEN en EKAMA, die dit werk in hunne lessen gebruiken, en waarvan de eerstgemelde, in 't bijzonder, mij zeer veel ter verbetering en uitbreiding heeft bezorgd; hetgeen de Heer MOSES LEMANS, zeer ervaren onderwijzer in de Wiskunde, en de zoo veel belovende nog jonge beoefenaar der Mathematische Wetenschappen, de Heer REHUEL LOBATTO mij, van tijd tot tijd, hebben medegedeeld: eindelijk het exemplaar des werks mij door den jongen Heer THOLEN, zoon van den Hoogleeraar, bezorgd, waarin zijn Ed., na hetzelfde geheel van bladzijde tot bladzijde te hebben doorgewerkt, alles heeft aange-tekend gehad wat verbetering moest bekomen. Aan allen betuig ik mijnen opregten dank voor deze wezene hulp.

Wanneer men er dergelijke ontvangs, valt het niet moeilijk een werk te verbeteren: en de om-  
slagtige arbeid die daartoe vereischt wordt, is er merkelyk door verligt. Er is bijna geen boek, geene afdeeling, of er is verbetering, vermeerdering aan toegebracht, en verscheidene afdeelingen zijn geheel op nieuw bearbeid geworden. Het zoude ons nuttig zijn, en misschien wel zoude het als eene  
groots-

grootshheid, eene bedekte wijze om mijn werk aan te prijzen, beschouwd kunnen worden, indien ik hier alle de verbeteringen en vermeerderingen ging optellen. Ik blijf nog bij het gevoelen, door mij vóór zes-en-twintig jaren in de Voorrede des eersten druks geuit; dat men namelijk dergelijke werken niet moet uitgeven om roem voor zich zelve te verwerven, daar dit uit den aard der zaken onmogelijk is, maar enkel om nuttig te zijn.

De Heer Mr. PIETER ALBERTUS MUNK, wiens schrandtheid en overgrootte naauwkeurigheid ik reeds heb leeren kennen, toen zijn Ed. zich op de Meetkunde toeleide, heeft de goedheid gehad alle de proeven met mij na te zien. Om dit met te meerder zekerheid te kunnen doen, heeft zijn Ed. het geheele boek van bladzijde tot bladzijde onderzocht en geheel uitgewerkt, waardoor hij in staat geweest is mij nog het een en ander mede te deelen. Men zal in het eerste hoofdstuk des Aanhangsels eene zijner gewigtige verbeteringen aantreffen. De Heer Student RIS, die de Meetkunde vlijtig heeft beoefend, heeft de moeite op zich genomen om alle de figuren zeer naauwkeurig te teekenen, en bij die gelegenheid het geheele werk nategaan: een arbeid waarvoor ik aan zijn Ed. zeer veel verplichting heb.

J. H. VAN SWINDEN.

Amsterdam,

1 Julij, 1816.

# V O O R R E D E

V A N   D E N

E E R S T E N   D R U K.

---

**T**oen ik, vóór vijf jaren, aan de doorluchtige School dezer Stad beroepen werd, om, onder andere takken der Wijsgerige Wetenschappen, ook de Wiskunde te onderwijzen, begreep ik dat het nuttig zoude zijn een kort begrip der Meetkunde opstellen, om daarvan in mijne lessen gebruik te maken. Ik gaf hetzelfde in het jaar 1786 in het Latyn in het licht: en toen ik vóór een jaar begonnen heb, in hope van aan een grooter aantal jonge lieden nuttig te zijn, mijne lessen over de Meetkunde in het Nederduitsch te houden, moest ik ook het gemelde kort begrip in onze moedertaal uitgeven. Dan, ik zag wel ras, dat ik met eene bloote vertaling, mij zelve ten minsten, geenszins zoude voldoen: maar dat ik, bij die gelegenheid, het geheele werk merkelyk moest verbeteren, en in alle opzigten volmaken: te meer, daar wij in onze taal met boeken van dien aard slechts voorzien zijn. Hiertoe heb ik noch tijd, noch arbeid gespaard. Of het mij heeft mogen gelukken een beter en vollediger samenstel te vervaardigen, dan wij tot nu toe gehad hebben, staat niet aan mij, maar aan den lezer, te beoordeelen.

Ik

*Ik zal mij niet uitlaten over de manier om de Meetkunde voordeelig te onderwijzen: over den lof der Ouden; over dien van EUCLIDES in het bijzonder; over de groote vraag, of men, zoo als eenigen willen, zijne grondbeginfels, zijnen trant, zijne orde, altijd volgen moet? en of het onmogelijk zij eene andere orde dan de zijne te volgen, en echter goede grondbeginfels der Meetkunde voor den dag te brengen? over den waren aard van mathematische en wel synthetische bewijzen, naar den trant der Ouden; en of het niet mogelijk zij dezen stiptelijk te volgen, en echter eenige teekens te bezigen die zij niet gebruikten? Wilde ik dit doen, dan zoude deze Voorrede een geheel boek uitmaken; doch ik moet iets zeggen over het doel dat ik mij in dit Werk heb voorgesteld.*

*Ik heb vooreerst getracht niets weg te laten van den striksten bewijstrant der Ouden, waarvan EUCLIDES en ARCHIMEDES ons zulke voortreffelijke voorbeelden hebben nagelaten, en geene moeite ontzien, om zeer naauwkeurige denkbeelden der zaken voor te dragen; iets, dat op eene zeer aanmerkelijke wijze in de meeste hedendaagsche boeken, die den naam van Grondbeginfels der Meetkunde dragen, verwaarloosd wordt. Den geest te vormen, denzelven aan die naauwkeurigheid van denkbeelden, aan dien strikten redeneertrant, aan die volmaakt aaneengeschakelde bewijzen, te gewennen, is een der hoofd-*

voorwerpen, welke men zich in het onderwijzen der Meekunde voor oogen moet stellen: eene der voornaamste redenen, die de jonge lieden moeten aanzetten om dezelve te leeren. „Er is,” zegt te regt (\*) QUINTILIANUS, „in de Meekunde een gedeelte dat „voor de jeugd nuttig is: want het verstand wordt „er door geoefend, de geest gescherpt; de snelheid „in de bevatting spruit uit dezelve voort: ja zelfs „de Meekunde is nuttig, niet, zoo als de andere „konsten, wanneer men ze verstaat, maar ook zelfs „wanneer men ze leert.” En het is juist dat gedeelte, dat gewigtige gedeelte, dat men verwaarloost, wanneer men iets van den strikten redeneeren bewijstrant der Ouden achterwege laat, onder voorwendsel van de zaken bevattelijker voortestellen, of aangenameer te maken (†).

Het is om de oefening van het verstand, het scherpen van den geest te bevorderen, en dezen die buigzaamheid te doen verkrijgen, waardoor hij zich, zoo wel tot het bevatten der waarheden, als tot het  
op-

(\*) *Instit. Orat. Lib. I. Cap. 10. §. 8.*

(†) De groote Wiskonstenaar LA GRANGE, (in 1813 overleden) aan wien de *Analys* zoo veel te danken heeft, getuigde echter van zich zelven: „*J'avais soin de revenir fréquemment „aux considérations géométriques, que je crois très-propres à „donner au jugement de la force et de la netteté.*” Zie *Zeitschrift für Astronomie* von B. VON LINDENAU und C. BOHNENBERGER, I. band, bl. 114.

*oplossen der Werkstukken, bekwaam maakt, dat ik op verre de meeste plaatsen alleen de gronden, waarop de bewijzen der Voorstellen steunen, heb aangestipt, en de Werkstukken van de Voorstellen, (Theoremata), of Leerstukken, afgezonderd heb. Ik bedoel door het eerste, de jonge lieden aan te zetten om de bewijzen zelf op te maken; het geen hun te minder moeilijk zal vallen, daar ik alle de Voorstellen, die zij daartoe noodig hebben, heb aangehaald in die orde, in welke zij in het bewijs moeten voorkomen. Ik heb die aanhalingen meer of minder wijdloopig gemaakt, naarmate zulks mij noodig voorkwam, vooral voor die Voorstellen, welke ik niet gewoon ben in mijne lessen uitleggen en te bewijzen, en die met eene kleine letter gedrukt zijn. Veelal heb ik dan het bewijs er geheel bij gevoegd, inzonderheid op de moeilijkste plaatsen. Ik denk dat de jonge lieden, en andere liefhebbers der Meetkunde, hierdoor een ruim veld van bespiegelingen en arbeid zullen bekomen. De aanhalingen van EUCLIDES en eenige andere schrijvers zullen den lezer in staat stellen, die schrijvers te raadplegen, hunne manier van betogen met de mijne te vergelijken, en daardoor een beter begrip van de zaken te verkrijgen (\*). Wanneer men in een boek altijd het bewijs*  
*bij*

(\*) Ik heb in dezen tweeden druk, behalven EUCLIDES, bestendig STEENSTRA en LE GENDRE aangehaald voor die Voor-



*bij het Voorstel aantreft, werkt de geest niet om het bewijs te vinden, maar blijft ten dien opzichte geheel werkeloos. Wanneer een dergelijk boek tot onderwijs dient, kan de onderwijzer bijna niets doen, dan mondeling het zelfde bewijs herhalen. Ik heb dus, ook om die reden, verkozen, daar toch mijn boek geschikt is om in mijne lessen door mij uitgelegd te worden, de bewijzen achterwege te laten, dezelve in tegenwoordigheid mijner toehoorders uit de aangestipte gronden optemaken, en over derzelfver aard en voortgang verscheidene Aanmerkingen er bij*

*stellen, welke bij deze schrijvers gevonden worden, als zijnde hunne werken thans wel het meest in gebruik: ARCHIMEDES en anderen worden hier en daar aangeteekend. Bij enkele voorstellen zal mij de aanhaling van dezen of genen schrijver, dien ik geraadpleegd heb, ontglipt zijn: en het zoude mij leed doen indien men waande dat ik die voorstellen, waar bij men geen aanhalingen aantreft, als van mij afkomstig wilde doen doorgaan. Ik geef gaarne ieder wat hem toekomt: en mij komt, in dit werk, behalve de schikking, veelligt al zeer weinig toe. Ik beëam geheel het gezegde van PLINIUS (Hist. Nat. Lib. I.) „*Auctorum nomina praetexui: est enim benignum, ut arbitror, et plenum ingenii pudoris fateri, per quos profeceris, non ut plerique ex iis quos attigi, fecerunt,*” waar bij hij van de schrijvers die hij aanhaalt dit voegde: „*Scito enim confitentem auctores me deprehendisse a juratissimis et proximis veteres transcriptos ad verbum, neque nominatos.*” Ten zelfden einde dient de aanwijzing der schrijvers en der boeken, die in dezen tweeden druk vollediger is dan in den eersten: ook met bijvoeging van den leeftijd der Wiskundigen die aangehaald worden,*

te voegen: eene handelwijze, waarbij ik mij zeer wel bevonden heb.

*Ik herhaal het: men kan de leerlingen niet genoeg aanzetten, om zelve te werken, zelve iets opstellen: bij gebrek van die voorzorg worden niet zelden de beste geesten verdoofd, of ten minsten trager dan zij anders zouden geweest zijn (\*). Hierom heb ik de Werkstukken van de Voorstellen, dat is, het werkdadige van het beschouwende gedeelte afgezonderd, en achter ieder Voorstel aangesipt, welk Werkstuk men alsdan in staat is op te lossen. Ik laat dus die Werkstukken door de jonge lieden zelve oplossen en bewijzen, en besteed eenen dag der week om hunne oplossingen natezien. Ik heb mij uitnemend wel bij die handelwijze bevonden, en mij meer dan eens verwonderd over de vaardigheid die de leerlingen in korten tijd in dit stuk verkrijgen. Eindelijk, het is ook om die zelfde reden, dat ik meer dan eens in Gevolgen, of Aanmerkingen, heb doen opmerken, hoe men ééne en de zelfde zaak uit verschillende grondbeginsels kan bewijzen. Alle bewijzen, mits zij rigtig zijn, zijn wel voor den *Wiskunstenaar*, maar niet voor den *Wijsgeer*, van ge-*

lij-

(\*) LA GRANGE, zeide ook: „ *L'esprit est paresseux, il faut prévenir sa lâcheté naturelle et le tenir en haleine pour en développer toutes les forces, et les avoir prêtes au besoin. Il n'y a que l'exercice pour cela.*” Ib. p. 116.

lijke waarde. Deze houdt die voor de beste, welke meer regtstreeks uit den waren aard der voorwerpen afgeleid zijn. Het Theorema van PYTHAGORAS, bij voorbeeld, over den regthoekigen driehoek, kan bewezen worden in den trant van EUCLIDES, zoo als wij zulks in het 16 Voorstel van het 11 Boek gedaan hebben, of ook, veel korter en gemakkelijker, uit de leer der gelijkvormige driehoeken worden afgeleid (IV. 15. Aanmerking 3.): doch het eerste komt mij voor, wijsgeerig gesproken, het beste te zijn. Ik laat nimmer eenige gelegenheid voorbij gaan, van dergelijke bijzonderheden aan mijne Toehoorders te doen opmerken.

Ik heb, ten tweeden, getracht, dit werk in eene bekwame orde te schikken, en de verschillende soorten van voorwerpen, zoo veel mogelijk, afzonderlijk te beschouwen. Het heeft niet weinig moeite gekost om zulks te verrigten zonder eenige gaping. Het kwam mij voor het beste en geschiktste te zijn, de regte lijnen afzonderlijk te beschouwen, zonder derzeiver eigenschappen uit die der driehoeken te moeten afleiden; en dan eerst tot de driehoeken over te gaan: de regtlijnige figuren af te handelen, alvorens over den cirkel te spreken, enz. Men klimt dus indedaad trapswijze en in eene geregelde orde op. Het derde Boek, dat over de evenredigheid handelt, behoort niet tot de Meetkunde, als zoodanige beschouwd, maar meer tot de Rekenkunde, of

*tot de Algebra, of Stelkunde. Dit Boek maakt dus eene soort van tuschenpozing, even als zulks bij EUCLIDES voor zijn vijfde Boek plaats heeft. Misschien hadt het beter geweest het zelve vooraan, als eene Inleiding, te plaatsen. Die in dat gevoelen staat, kan zulks doen: maar ik heb ondervonden, dat het denkbeeld van rede en evenredigheid, hoe eenvoudig het indedaad ook zij, echter den leerlingen altijd moeilijk voorkomt, en ik heb dus beter geoordeeld door de twee eerste boeken hun verstand allengskens aan het beschouwen van afgetrokken denkbeelden te gewennen. Die moeilijkheid, welke zij in de beschouwing van rede en evenredigheid aantreffen, is, zekerlijk, voor een groot gedeelte, hieraan toetschrijven, dat men, in de reken-scholen, dit denkbeeld bijna in het geheel niet, of ten minsten zeer gebrekkig, ontvouwt, hoewel bijna alles in de rekenkunde daarop rust.*

*Ik had na het II. Boek onmiddellijk het V. kunnen laten volgen, en dan het XII. en XVII. Voorstel alleen op de wijze van EUCLIDES kunnen bewijzen: en dit had ik ook in het eerste bestek van dit Werk gedaan: maar ik heb dit naderhand veranderd, om dat men dan buiten staat is van gewag te kunnen maken van de rede in welke de verschillende lijnen in of tot den cirkel getrokken elkander snijden; dat is van het I. en II. Gevolg van het XII. en van het I., II., III. en IV. Gevolg van het XVII. Voorstel,*  
*en*

*en van het XIII. Voorstel; waarvan men ook geen woord bij EUCLIDES aantreft. Ik heb dus verkozen den cirkel geheel in het V. Boek, na de leere der gelijkvormige driehoeken en regtlijnige figuren, die in het IV. Boek begrepen is, aftehandelen: doch niets belet, dat iemand onmiddelijk, na dat hij het II. Boek ten einde gebragt heeft, die stukken van het V., welke niet van het IV. afhangen, bestudeere, zoo hij zulks begeert.*

*Het laatste dat ik bedoeld heb is een veel vollediger samenstel voor den dag te brengen dan tot hier toe geschied is. De grootste voorstanders van EUCLIDES kunnen niet ontkennen, dat er niet alles in EUCLIDES gevonden wordt wat men thans volstrekt noodig heeft om, of zich tot de praktijk van de Meetkunde bekwaam te maken, of tot de Natuur- en Sterrekunde overtegaan. Men vindt niets over de inhoudvinding der figuren; niets, of bijna niets, over de Theorie der veelhoeken; niets over de reden van den omtrek van den cirkel tot den diameter; niets over de driehoeksmeting; niets over de schoone ontdekkingen van ARCHIMEDES (die eerst 70 jaren na EUCLIDES leefde) omtrent den cylinder, kloot en kegel: enz. zoo dat men, na EUCLIDES afgehandeld te hebben, nog dat alles uit andere boeken moet ontleenen. Zij kunnen niet ontveinzen dat men van de derzien, of vijftien, boeken van EUCLIDES, thans alleen de zes eerste, het XI. en XII. gebruikt: het VII,*

*VII, VIII, IX en X, overstaat, om dat men die stoffe thans anders behandelt: het XIII, XIV en XV, deels om dat men ze minder nuttig acht, deels om dat men ze op dien trant als EUCLIDES ze behandeld heeft niet verstaan kan zonder het X. Boek, dat zeer moeilijk is, volmaakt te verstaan. Die Boeken zijn echter in hunne soort vooral niet minder fraai dan de acht welke men gebruikt: het X. komt mij voor een meesterstuk te zijn. Geeft men dan toe, dat er eenige stukken zijn die men beter kan, of anders mag, behandelen dan EUCLIDES gedaan heeft, waarom ook dan niet aan zijn geheele stelsel alle verbetering en vermeerdering toegebracht die men nuttig oordeelt? Ik heb dus niet geschroomd zulks te doen: en men zal zien dat, ook uit dat oogpunt beschouwd, mijn werk vollediger is dan de meeste, zoo niet alle, de hedendaagsche Grondbeginsels der Meetkunde die mij bekend zijn, daar ik in hetzelfde niet alleen eenige Voorstellen uit het VII, VIII, IX en X Boek, maar ook het geheele XIII, XIV en XV Boek van EUCLIDES ingelascht, en zoo kort en duidelijk als mij mogelijk was, bewezen heb.*

*Er zijn boven dien vele nuttige Voorstellen die niet bij EUCLIDES maar wel in andere elementaire werken gevonden worden: er zijn er, die men in geene der laatstgemelden, maar elders verspreid, aantreft, en waarvan echter het gebruik zeer aanmerkelijk is,*

*voor-*



vooral in de Natuurkunde. Ik heb geoordeeld die alle in mijn werk te moeten brengen. En zeker, indien ik niet gevreesd had hetzelfde veel te omflagtig te maken, en getwijfeld of het wel genoegzaam in den tegenwoordigen smaak valt, zoude ik het nog veel vollediger hebben kunnen maken. / Hoe dikwerf heb ik, de Verhandelingen van verscheiden Academiën, de werken van PAPPUS, VIETA, SNELLIUS en anderen, vooral de geometria sublimior van RRAFFT ter dezer gelegenheid nagaande, niet met leedwezen vele schoone stukken achterwege gelaten om niet te breedvoerig te zijn? en hoe dikwerf heb ik niet gewenscht dat eenmaäl iemand de moeite op zich nam, om alle de Mathematische Voorstellen, die in honderde boeken wijd en zijd verspreid liggen, in één ligchaam te verzamelen? dan zouden wij eerst onzen rijkdom in de Meetkunde kennen: en daar men, met alle die Voorstellen in één geregeld ligchaam te brengen, en het eene uit het andere te bewijzen, wel hier en daar eenige gaping zoude bespeuren, zoude deze, zod als ook de beschouwing zelve van dien voorraad, aanleiding tot het ontdekken van vele nieuwe eigenschappen geven.

Ik zal hier alle de bijzondere Voorstellen die ik in het I. en II. Boek heb ingelascht niet optellen; doch alleen melden dat ik meen de leer der evenredigheden vollediger dan gewoonlijk geschiedt behandeld

deld te hebben: dat ik mij niet herinner dat men iets van belang over de harmonische evenredigheid in onze taal aantreft, en dat dit stuk, hoe nuttig ook in de Natuurkunde, bijna nimmer aangeroerd wordt: dat ik, zoo wel in het IV. Boek (XV. Voorst. Gev. 4. en 5.) als in het V. (XVII. Voorst. 3. en 4. Gevolg) het noodige gezegd heb tot het verstaan en beoordeelen van het vraagstuk om twee middel-evenredige lijnen te vinden (\*): dat ik in het VI. Boek de geheele leer der in- en omgeschreven veelhoeken veel vollediger behandeld heb dan tot nu toe gedaan is: dat ik in de IV. Afdeeling, in het XXIV. Voorstel en vervolgens, het schoone stuk dat de Heer HENNERT in de Verhandelingen der Haarlemsche Maatschappij over dit onderwerp heeft uitgegeven, tot zeer eenvoudige bewijzen heb gebragt, die ik den lezer verzoek met de algebraïsche bewijzen van dien Hoogleeraar te vergelijken: dat ik de schoone ontdekkingen van HUYGENS, SNELLIUS, LUDOLF VAN CEULEN, DU FAY, SAURIN, die bijna in vergetelheid geraakt zijn, en zich in boeken bevinden die men nauwelijks meer leest, om derzelver nuttigheid en fraaiheid heb opgegeven: en dat de V. Afdeeling bijna geheel nieuw is.

Ik

(\*) In deze tweede druk is daarover in het III. Boek der Werkstukken, Werkst. 9. Aanmerk. 2. zeer breedvoerig gehandeld: gelijk mede in het I. Boek, Werkst. 17 Aann., over het smjden van hoeken in drie deelen.

*Ik heb in het VII. Boek met de leer der Limieten begonnen; iets waarover wij in onze taal niets bezitten: die leer is het eenige middel om de Voorstellen die de rede van den omtrek des Cirkels tot den diameter, den inhoud van den Cirkel, van Pyramiden, Cylinders, Kegels, Spheeren, betreffen, met naauwkeurigheid te bewijzen. Ook hebben, zoo wel ARCHIMEDES als EUCLIDES, die leer, meer of min, ingewikkeld, gebruikt. Zij is bovendien de eenige grond waarop de bereckeningen der hooge Mathesis rusten, indien men deze naar behooren wil verklaren, en niet tot het onnaauwkeurig en gansch onmathematisch denkbeeld van oneindig groot en oneindig klein zijne toevlugt nemen.*

*Ik heb verder in het VII. Boek de ontdekkingen niet alleen van ARCHIMEDES, maar ook van SNELLIUS en HUIJGENS, die men nergens dan in de buiten gebruik geraakte schriften van die schrijvers aantrest, opgegeven en bewezen.*

*Het VIII. Boek behelst verscheiden stukken die men doorgaands in andere boeken van dezen aard niet aantrest: ik heb in de II. en vooral in de V. Afdeeling meest alles uit het uitmuntend werk van den Heer CAGNOLI ontleend: over het onderwerp van de V. Afdeeling was nimmer in onze taal geschreven.*

*Het IX. Boek, of de Trigonometrie, is veel vollediger dan men ze immer, op den Heer CAGNOLI na, dien ik meest gevolgd heb, behandeld heeft.*

*In*

*In het XI. Boek is de leer der regelmatigte lichamen in vele opzigten op eenen geheel nieuwen trant behandeld, zoo als ook in het XII. de leer der inschrijving van die zelfde lichamen in den kloot: waardoor ik in staat gesteld ben om het geheele XIII. XIV. en XV. Boek van EUCLIDES uitteleggen, zonder het X. van dien Schrijver, dat ongemeen moeilijk is, te gebruiken: welke stukken, dus allen bijeen verzameld, in geen der mij bekende werken gevonden worden.*

*De Lezer oordeele dan uit het gezegde, en nog meer uit het werk zelve, of en in hoe verre hetzelfde genoegzaam volledig, of vollediger dan andere, kan genoemd worden. Het komt mij voor, zoo wel voor meer als voor min gevorderden geschikt te zijn. Het geen met groote letters gedrukt is maakt op zich zelve een geheel samenstel van de meest noodzakelijke Voorstellen uit. Men kan in den beginne het overige, dat met kleine letters gedrukt, en voor meer gevorderden geschikt is, overslaan.*

*Ik wensch dat ik met dit werk, zoo wel den leerlingen die mij tot hunnen leidsman in de Meetkunde verkiezen, als mijnen landgenooten, beminnaars dier edele Wetenschap, dienst heb mogen doen: dit is mijn eenig doelwit met het uitgeven van hetzelfde geweest; geenszins om roem voor mij zelve te behalen. Ik weet dat daartoe in deze eeuw, en meer*

\*\*

*bij.*

*bijzonder in dit tijdvak der Wetenschappen, Werken van eenen geheel anderen aard vereischt worden.*

*Ik betuig openlijk mijnen hartelijken dank aan mijnen vriend den Heer PIETER NIEUWLAND, Lector in de Wis- Sterre- en Zeevaartkunde aan de Doorluchtige Schole dezer Stad (\*), voor de moeite die hij genomen heeft om, niet alleen de praeven, maar ook het geheele Werk, alvorens het ter persje ging, nategaan, en zoo wel de proeven van vele drukfeilen als het Werk zelve van onnaauwkeurigheden te zuiveren, en met gewigtige aanmerkingen te verrijken.*

*Amsterdam 18 Julij 1790.*

(\*) Sedert, te weten in 1793, Hoogleeraar te Leyden, alwaar hij tot overgroot nadeel der Wetenschappen, den 14 November 1794, in den bloei zijner jaren, is overleden. Zie mijne lijkreden over dien verdienstelijken man, in 1795, te Amsterdam, bij den uitgever van dit werk, in 't licht verschenen.

---

# A A N W I J Z I N G

D E R

## W I S K U N D I G E N ,

WIER UITVINDINGEN VERMELD, OF WIER  
SCHRIFTEN, IN DIT WERK, AANGEHAALD  
WORDEN.

---

ADRIAAN ANTHONISSE, uitvinder van die rede der middellijn tot den omtrek des cirkels, welke onder den naam van METIUS gaat, wordt aangehaald bl. 305.

ALEMBERT, (D') *Mélanges de Littérature, d'Histoire et de Philosophie*, 1763. 8°. 5 vol. Wij hebben dit werk van dezen zoo beroemden Wiskundigen, die in 1783 overleden is, meer dan eens aangehaald wegens de uitmuntende aanmerkingen welke in het zelve gevonden worden, over den aard der Mathematische bewijzen, en der Grondbeginselen door sommigen gebruikt.

APOLLONIUS PERGAEUS leefde twee eeuwen vóór onze tijdrekening: de beste druk zijner werken is die, welke in het Grieksch en in het Latijn door HALLEY is uitgegeven, onder den tijtel van APOLLONII PERGAEI *Conicorum Libri Octo, et SERENI de sectione Coni et Cylindri Libri duo*, Oxonii 1710, fol. Er is ook eene uitgave APOLLONII PERGAEI *Conica, cum PAPPI Lemmatibus, curâ COMMANDINI*, Bononiae 1566, fol. en eene van RICHARDUS, *Antverpiae* 1615, fol. Zie verder BARROW.

ARCHIMEDES bloeide in de derde Eeuw vóór onze tijdrekening, en verloor, op eene ongelukkige wijze, zijn leven in het jaar 212. De beste druk der werken van dien grooten man is ARCHIMEDIS *quae supersunt omnia, cum EUTOCHII Ascalonitae commentariis, curâ JOS. TORELLI*, Gr. Lat. Oxonii 1792. fol. Tot den tijd dat deze druk verscheen, was de beste ARCHIMEDIS *Opera quae extant illustrata per D. RIVALTUM*, Parisiis 1615. folio. De Voorstellen zijn in het Grieksch en in het Latijn: de bewijzen, die van RIVALTUS zijn, alleen in het Latijn. Zie verder BARROW.

PEYRARD heeft eene uitmuntende fransche vertaling der werken van ARCHIMEDES bezorgd, onder den tijtel van

*Oeuvres d'Archimede*, Paris 1807. 4°. Hij heeft er zeer goede aantekeningen bijgevoegd, metsgaders eene zeer belangrijke verhandeling over den *Brandspiegel* van ARCHIMEDES en eene overheerlijke verhandeling van DEJAMBRE over de *Rekenkunde der Grieken*.

J. C. STURMIUS heeft eene goede Hoogduitsche vertaling der werken van ARCHIMEDES, te Nurenberg in 1670, bezorgd: zij is met goede aanmerkingen verrijkt.

Eenige stukken van ARCHIMEDES zijn afzonderlijk met aantekeningen uitgegeven geworden: onder anderen: ADRIANI ROMANI in *ARCHIMEDIS Circuli dimensionem expositio et analysis*, Wurceburgi 1598. folio.

TACQUET heeft achter zijne uitgave van EUCLIDES de belangrijkste voorstellen van ARCHIMEDES gevoegd, onder den titel van *Selecta ex ARCHIMEDE Theoremata*.

BANGMA, (O. S.) heeft verscheide nuttige werken uitgegeven: hier wordt aangehaald *Inleiding tot de Algebra*, 8°. Amst. 1811.

BARROW (ISAAC) heeft te zamen in één deel uitgegeven *ARCHIMEDIS Opera*, APOLLONII *Conicorum*, *Libri IV*, THEODOSII *Sphaerica*, Londini 1675. 4°. De bewijzen zijn van BARROW, en zoo kort en duidelijk als mogelijk was, voorgesteld. BARROW is in 1677 overleden. Zie verder op EUCLIDES.

BEAUFORT (DE) wordt aangehaald bl. 72. Hij is in 1728. overleden.

BERNOULLI, (JACOB) van dezen grooten Wiskundigen, in 1705 overleden, wordt alleen aangehaald het 3de gedeelte zijner beroemde *Positiones de seriebus infinitis*, herdrukt in zijne *Opera*, te Geneve in 1744 enz. uitgegeven. -

BION, *Traité de la construction et des principaux usages des Instrumens de Mathématiques*, Paris 1725. 4°. Er zijn verscheide drukken en vertalingen van dit werk, waarvan de schrijver in 1733. in hoogen ouderdom overleden is.

BOSCOVISCH, (ROGERIUS) *Voyage Géographique et Astronomique pour la mesure de deux degrez du Méridien*, Paris 1770. 4°. Het oorspronkelijke is te Rome in 1755 in het Latijn uitgekomen. Deze groote Wiskundige is in 1787. overleden.

CAGNOLI, *Traité de Trigonométrie, rectiligne et sphérique, traduit de l'Italien*, Paris 1785. 4°. Er is een tweede druk van 1807. Een der schoonste werken mij over dit onderwerp bekend: vooral voor de toepassing der beide driehoeks-metingen, op de Landmeetkunde, de Algebra, en de Sterrekunde. Ik heb veel uit hetzelfde ontleend in de 5°. Afdeeling van het VII, en in de 3°. van het IX. Boek.

CAIL-

**CAILLE, (DE LA)** *Leçons de Mathématiques*, Paris 1755. 8°. *Leçons d'Astronomie*, Paris 1761. 8°. De Schrijver wordt in dit werk meestal door de Letters L. C. aangeduid: hij heeft verscheide andere werken, ook *Leçons de Mécanique* en *Leçons d'Optique*, uitgegeven, die alle kenmerken van 's mans netheid en juistheid dragen, en is in 1761 overleden.

**CHAPELLE, (DE LA)** *Institutions de Géométrie*; dit werk wordt bestendig in de eerste Afdeeling van het VII. Boek aangehaald: en nog eens in het IV.

**CARTESIUS, of DESCARTES.** Zijne *Géométrie*, die in dit werk aangehaald wordt, is in 1637 in het Fransch uitgekomen, en heeft eene geheele verandering in het behandelen der Mathematische Wetenschappen te weeg gebragt. Vele zijn de vertalingen en de uitgaven. De beste is in het Latijn *CARTESII Geometria cum Commentariis FRANCISCI VAN SCHOTEN*: Ed. 2<sup>a</sup>. Amst. 1659. 4°. 2 deelen: en in het Fransch *Géométrie de Descartes avec un Commentaire par RABUEL*, Lyon 1730. 4°.

**CASTILLON. (JEAN DE)** Een allezins uitmuntend Wijsgeer en Mathematicus, door vele verhandelingen en werken beroemd, en die geheel met den geest der oude Wiskundigen doordrongen was, is in 1791 in zeer hoogen ouderdom overleden. Hij wordt hier op verscheide plaatsen aangehaald.

**CAVALLIERI (BONAVENTURA)** door vele werken bekend en in 1647 overleden, wordt hier bl. 356 aangehaald.

**CLAVIUS, Geometria practica, Mogunt 1606. 4°.** Zie verder op EUCLIDES. Alle de werken van dezen te regt beroemden man, die in 1612 overleed, zijn in vijf deelen in folio uitgegeven.

**CLERC, (SEBASTIEN LE)** *Géométrie sur le papier et sur le terrain*, 8°. De drukken en vertalingen van dit werk zijn zeer menigvuldig.

**COMMANDINUS, (FREDERICUS)** uitgever van verscheide werken van oude Wiskunstenaars, en zelf een voornaam Wiskundige in zijnen tijd, wordt door ons bl. 355 aangehaald. Hij is in 1571 overleden.

**CROIX, (LA)** *Elémens d'Algèbre*: 9 Ed. Paris 1811. 8°.

**CUNN, (SAMUEL)** *Construction and use of the Sector*, London 1722. 8°.

**DELAMBRE, Méthodes analytiques pour la détermination d'un arc du Méridien, Paris 1799. 4°. Vele zaken, daarin ont-  
wik-  
3**



wikkeld, zijn breder verhandeld in het doorwrochte werk des zelfden uitmuntenden Schrijvers, *Base du Système métrique*, Paris, 3 vol. 4°. Zie verder op ARCHIMEDES en PTOLEMAEUS. — *Abrégé d'Astronomie*, Paris 1813. 8°.

DÉPARCIEUX, *Nouveaux Traités de Trigonométrie, avec un traité de Gnomonique*, Paris 1731. 4°. Deze Schrijver is in 1768 overleden.

DESCARTES. Zie CARTESIUS.

DINOSTRATES, welke 370 jaren vóór onze tijdrekening leefde, wordt VII. 26. Aanm. 6. aangehaald wegens het vinden van eene regte lijn gelijk aan den omtrek eens cirkels, door middel van zekere kromme lijn *Quadratrix* genoemd, door hem uitgedacht, of ten minsten, daartoe dienstig gemaakt.

ERATOSTHENES, een beroemd Grieksch Mathematicus, die 240 jaren vóór onze tijdrekening leefde, wordt in het IX. Werkstuk van het III. Boek aangehaald, wegens zijne oplossing van het vraagstuk, om tusschen twee gegeven lijnen twee middel-evenredige te vinden.

EUCLIDES. Zeer talrijk zijn de uitgaven der Grondbeginsels van dezen uitmuntenden Griekschen Wiskunstenaar, welke drie eeuwen vóór onze tijdrekening leefde, en zich, inzonderheid door dat werk, eenen onsterfelijken roem verworven heeft. Deze *Grondbeginsels* bestaan uit XV Boeken, hoewel er hoogstwaarschijnlijk, om niet te zeggen zeker, maar XIII. van EUCLIDES zelven zijn: en het XIV. en XV., met reden, aan HYPISICLES worden toegeschreven. De meeste uitgaven bevatten alleen de zes eerste Boeken met het elfde en twaalfde. Zoodanige zijn in onze taal die van DOUW, COETS, LABORDUS, WARIUS, enz.: doch C. J. VOOGT heeft in 1695 de 15 Boeken uitgegeven. Zonder mij over de waarde van die uitgaven uittelaten zal ik alleen zeggen, dat de volgende mij de beste voorgekomen zijn, te weten:

EUCLIDIS *quae supersunt omnia, ex recensione* DAVIDIS GREGORII, Gr. Lat., Oxonii 1703. fol. — *Elementorum* EUCLIDIS *Libri XV. curante* BAERMAN, Lipsiae 1743. 8°. De Schrijver heeft den trant en de kern der bewijzen van EUCLIDIS behouden, doch dezelve zoo kort mogelijk voorgesteld. EUCLIDIS *Elementorum, Libri XV. breviter demonstrati ab* ISAACO BARROW, Cantabrigiae 1655. 12°. De *Data* van EUCLIDES, door BARROW uitgegeven, zijn bij sommige drukken der *Elementa* gevoegd. — EUCLIDIS *Elementorum Libri XV. auctore* C. CLAVIO, Francforti 1607. Deze uitgave is met eene zeer breedvoerige uitlegging en vele bijvoegsels versierd, die somtijds geraadpleegd moeten worden: het geen altijd met vrucht geschiedt.

Ele.

*Elementa EUCLIDAE Geometriae, et Selecta ex ARCHIMEDE Theoremata: quibus accedit Trigonometria, auctore A. TACQUET, Amstelaedami 1725.* De aanmerkingen en bijvoegfels zijn uitmuntend; de gewigtige voorstellen van ARCHIMEDES trefst men in geene andere *elementaire* werken aan; de *Trigonometria* is zeer goed. In den aangehaalden druk heeft de Hoogleeraar MUSSCHENBROEK de aanmerkingen van WHISTON en de *Trigonometria Spherica* van SCHOTTUS gevoegd. Deze uitgave is in 1745 te Romen in 2 deelen 8°. herdrukt, en men heeft er toen nog bijgevoegd eene *Trigonometria Spherica*, en eene verhandeling de *Cycloide*, en de *Logistica*, beide van BOSCOVISCH, mitsgaders de *Sectiones Conicae* van GUIDO GRANDI: alle uitnemende stukken.

*Elements of EUCLID: Viz. the first six Books together with the eleventh and twelfth, by ROBERT SIMSON, Glasgow 1757. 4°.* Er zijn vele drukken van dit werk, ook in 8°. Bij den elfden druk te London in 1801 in 8°. uitgekomen, zijn gevoegd *EUCLIDIS Data*, eene vlakke en eene klootsche driehoeksmeting. Bij alle de uitgave heeft SIMSON vele belangrijke aantekeningen gevoegd.

*Elémens de Géométrie, contenant les six premiers livres d'EUCLIDE, par KOENIG, augmentés de l'onzième et du douzième, par J. J. BLASSIERE, la Haye 1762 4°.* Deze uitgave is vooral anteprijzen wegens de uitmuntende uitlegging van het V. Boek, en het Aanhangfel op het zelfde Boek, waarin de Heer KOENIG den aard der Logarithmen zeer wel verklaart.

PEYRARD is bezig met eene uitgave van EUCLIDES in het Grieksch, Latijn en Fransch, te vervaardigen, waarin de tekst naar de beste nog onuitgegevene handschriften zal gevolgd worden.

In het XI. Boek hebben wij ook de volgende uitgave aangehaald *EUCLIDIS Elementa Geometrica, Libri XVI. Quibus accessit Liber XVI, &c. auctore FRANCISCO FLUSSATE CANDALLA, Parisiis 1566. fol.* Dit XVI. Boek is door VOOGT in zijne Nederlandsche uitgave ingelascht.

**EULER**, *Introductio in Analysin Infinitorum, Genevae 1748. 4°.* Er is te Parijs, in 1791. eene Fransche vertaling van dat werk door den Heer LABBEY, met aanmerkingen, uitgekomen, in 2 deelen, 4°. Dit werk heeft, gelijk de overige van EULER (die in 1783 overleden is) eene geheele verandering in vele deelen der stelkunde, en in de wijze om dezelve te behandelen, te weeg gebracht.

**EUTOCIUS Ascalonita**, leefde in de zesde eeuw onzer tijdrekening, en is beroemd door zijnen *Commentarius* over

ARCHIMEDES en over APOLLONIUS. Uit dien hoofde wordt hij meer dan eens in dit werk aangehaald.

FAGNANO, *Produzzioni Matematici, &c. Pesaro* 1751. 4°. 2 vol.

FAY (DU) wordt aangehaald bl. 82 en 250. Deze verdienstelijke man is, nog jong zijnde, in 1739 overleden. (\*)

FLORYN, (JACOB) *Grondbeginsels der hoogere Meetkunde*, Rotterdam 1794. 8°.

GAUSS, *Disquisitiones Arithmeticae*. Er is eene Fransche vertaling van dat werk onder den tijtel van *Recherches Arithmétiques*, Paris 1810. 4°.

GELDER, (DE) *Beginsels der Meetkunde*, Amsterdam en den Haag 1810. 8°.

*Handleiding tot de beschouwende en werkdadige Meetkunst*, Amsterdam 1806. 4°. Tot nu toe is er niet meer dan het eerste deel uitgekomen. De schrijver wordt veelal enkel door de letters D. G. aangehaald.

GELLIBRAND, *Trigonometria Britannica, five de doctrina triangulorum, Libri duo*, Goudae 1633. folio. De Schrijver is in 1637 overleden.

GENDRE, (LE) *Elémens de Géométrie*, 8°. Ik heb den tienden druk in 1810 te Parijs uitgekomen gebruikt; er is eene *Trigonométrie* bijgevoegd. Deze Schrijver wordt door de letters L. G. aangehaald.

GIRARD, (ALBERT) *Invention nouvelle en Algèbre*, Amst. 1629. klein 4°. Een ongemeen belangrijk en uitermate zeldzaam werkje. Na den dood des Schrijvers is, in 1634, uitgekomen zijne vertaling van de werken van SIMON STEVIN, met aanmerkingen.

GRAAF, (ABRAHAM DE) *Analysis, of Stelkundige ontknooping in Meetkunstige Werkstukken*, Amst. 1706. 4°.

GREGORY, (DAVID) *Treatise of practical Geometry*, Edinburg 1715. in 8°. Dit werk is toen eerst in het licht gekomen: hoewel het na den dood des Schrijvers, in 1708 voorgevallen, in handschrift tot onderwijs gebruikt werd.

GRIVE, (DE LA) *Manuel de Trigonométrie pratique*, Paris 1754. 8°.

GUNTER, (EDMUND) beroemd Engelsch Hoogleeraar, in 1676 overleden, en aangehaald in VIII. Afd. 3. wegens de *Logarithmen-schaal* die zijnen naam draagt.

HENNERT, Hoogleeraar te Utrecht, een uitmuntende Wiskunstenaar, door vele werken, ook door eenen *Curfus Matheseos* pu-

(\*) Op bl. 250 staat in die aanhaling *Mem. de l'Acad.* 1729. moet zijn 1737.

*parae*, 3 d. in 8°.; en door een' *Cursus Matheseos applicatae*, in 6 d. in 8°. beroemd, en in 1813 in eenen hoogen ouderdom overleden, wordt bl. 260 aangehaald.

**HERO Alexandrinus**, leefde ten tijde van **ARCHIMEDES**: wordt door ons aangehaald I. Bep. 16. Aanm. 3, bl. 39. en in het III. Boek der Werkstukken, IX. Werkst. 2. Aanm. III, over zijne handelwijze om twee middel-evenredige te vinden.

**HIPPAS**, die in de vijfde eeuw vóór onze tijdrekening leefde; is uitvinder van eene kromme lijn genoemd *Quadratrix*, wordt aangehaald VII. 26. Aanm. 6.

**HIRE, (DE LA)** *Sectiones Conicae*, Parisiis 1685 fol. Een der uitmuntendste werken geschreven in den trant der Ouden, wiens geest **LA HIRE** volkomen kende, en dien hij gaarne volgde. Het eerste gedeelte bevat eenige voorstellen over lijnen in *harmonische* evenredigheid gesneden: en het is daarom dat dit werk door ons wordt aangehaald in de derde Afdeeling van het III. Boek.

**HORREBOW**, *In continuam proportionem harmonicam Mathematica*, 1737: herdrukt in het eerste deel zijner *Opera Mathematico-Physica*, Hafniae 1740. 3 vol. 4°.

**HUILIER, (L')** *Exposition élémentaire des principes des calculs supérieurs*, Berlin 1786. 4°. De Schrijver heeft naderhand dit werk op nieuw bearbeid in zijne *Principiorum calculi differentialis et integralis expositio elementaris*, 1795. 4°.

*Elémens d'Analyse Géométrique et d'Analyse Algébrique appliquées à la recherche des lieux géométriques*, Genève 1809. 4°.

**HUYGENS**, *de Circuli Magnitudine inventa*, Lugd. Batav. 1654. 4°. herdrukt in deszelfs *Opera Varia*, L. B. 1724 4. Deze groote man, in 1629 geboren, is in 1695 overleden.

**HYPSICLES**, uit Alexandrie, leefde ten tijde van **PTOLOMAEUS**, of iets later. Hij is hoogstwaarschijnlijk Schrijver van het XIV. en XV. Boek der *Elementa* van **EUCLIDES**. Zie **EUCLIDES**.

**KÆSTNER**, een der beroemfte Mathematici van onze tijden, in 1800 te Gottingen, in hoogen ouderdom, overleden, heeft eene menigte werken en verhandelingen uitgegeven, waarvan er hier maar één wordt aangehaald, t. w. *Geometrische Abhandlungen*, Göttingen, 8°. *erste sammlung*, 1790. *zweyte sammlung* 1791.

**KARSTEN** *Mathesis Theoretica Elementaris atque Sublimior, Restochii et Gryphiswaldiae*, 1760. 8°.

**KLINKENBERG**, een wel bekend Wiskonstenaar en Sterrekundige, 1799 in hoogen ouderdom overleden, wordt aangehaald VII. 26. Aanm. 4.

**KOCHANSI**, aangehaald bl. 317.

**KOENIG**. Zie EUCLIDES.

**KRAAIJENHOFF**, *Précis historique des Opérations Géodésiques et Astronomiques faites en Hollande; La Haye 1815. 4<sup>e</sup>.*

**KRAFFT**, (G. W.) *Institutiones Geometriae Sublimioris, Tubingae 1753. 4<sup>o</sup>.* De Schrijver, te regt, door dit werk en vele andere beroemd, is in 1754 overleden.

**LAGNY**. (DE) Een zeer goed wiskunstenaar, door vele fraaije Verhandelingen bekend, en in 1733 overleden, wordt hier aangehaald bl. 304, 314.

**LAMBERT**, (JAN HENDRIK) *Beyträge zum gebrauch der Mathe-matick und dessen anwendung, Berlin 1765. 8<sup>o</sup>. 3 theile.* In het eerste staat eene schoone Verhandeling ten tijtel voerende: *Aanmerkungen und Zusätze zur praktische Geometrie.* Deze voortreffelijke Wiskundige en scherpzinnige Wijsgeer, schrijver van vele uitmuntende werken, is den 25 September 1777 overleden.

**LAMI**, *Elémens de Mathématiques, ou Traité de la Grandeur, Amst. 1710. 8<sup>o</sup>.* Een zeer nuttig werk: wij hebben alleen van het laatste gedeelte des VIII. Boeks dat over de harmonische evenredigheid handelt, gebruik gemaakt. Die geleerde en zeer verdienstelijke man is in 1715. overleden.

**LEUPOLD**, (JACOB) *Theatrum Machinarum. 1727. 5 deelen in fol.*

**LEXELL**, beroemd Wiskonstenaar, wordt aangehaald bl. 269.

**LUDOLF VAN CEULEN**, *Van den cirkel, Leijden 1615. 2de druk, 4<sup>o</sup>.*

— *Fundamenta Arithmetica et Geometrica, e vernaculo in latinum translata a W. SN. R. F. (W. SNELLIO Rudolphi Filio) Lugd. Bat. 1615. in 4<sup>o</sup>.* LUDOLF is te Leijden, alwaar hij Hoogleeraar was, in 1620 overleden.

**MACLAURIN**, *Treatise of Fluxions, Edenb. 1742. in 4<sup>o</sup>. 2 deelen.* De Franche vertaling draagt tot tijtel *Traité des Fluxions, Paris 1746. 4<sup>o</sup>. 2 vol.* Deze uitmuntende Wiskonstenaar is in 1746 gestorven.

**MARTIN**, (BENJAMIN) *Young Trigonometers Guide, Lond. 1736. 8<sup>o</sup>. 2 deelen, een zeer nuttig werk.*

**MAUDUIT**, een zeer goed Wiskonstenaar, door vele schoone werken bekend, en vóór weinige jaren overleden, wordt XI. 29. aangehaald.

**MAYER** *Grundliches und ausführliches unterricht über die praktische Geometrie. Gött. 1802. 4 th. 8<sup>o</sup>.*

ME-

**MENECHMUS**, broeder van **DINOSTRATES**, wordt in het derde boek der Werkstukken, Werkst. IX. Aanm. 2. aangehaald wegens het vinden van twee middel-evenredige tusschen twee lijnen.

**METIUS**, (**ADRIAAN**) *Geometria Practica*, *Franequerae* 1620, in 4°. Deze beroemde man is in 1635 overleden.

**MONTUCLA**, *Histoire des Mathématiques*, *Paris* 1718. 2 vol. 4°. Er is vervolgens een tweede veel vermeerderde en verbeterde druk uitgekomen, in vier deelen; waarvan de twee eerste, in 1799, kort vóór het overlijden des schrijvers, door hem zelfden zijn uitgegeven: de twee laatste zijn in 1802 uitgekomen door de zorg van **LA LANDE**, die, het gene de schrijver niet hadt kunnen voltooijen, getracht heeft te volbrengen; het geheel maakt een zeer belangrijk werk. — *Histoire de la Quadrature du Cercle*, *Paris* 1754. in 8°. doch zonder den naam des schrijvers: een zeer schoon werk.

**MORGENSTER**, *Werkdadige Meetkonst*, vermeerderd door **J. H. KNOOP**, 's Hage 1756. in 8°.

**NASSER-EDDIN-AL TUSSI**, een der beroemdste Musulmannen, heeft over de *Elementa* van **EUCLIDES** en de *Spherica* van **THEODOSIUS** en **MENELAUS** geschreven; hij is in het jaar 677, of, gelijk andere willen, in 687 van de *Hegira* (dat is in 127½ of in 1288 van onze tijdrekening) overleden. Hij wordt I. 10. Aanm. aangehaald.

**NEPER**, (**JOHANNES**) een Schots Edelman, de eerste uitvinder der Logarithmen, heeft daarover te Edinburg, in 1614, in klein 4°. uitgegeven *Logarithmorum Canonis descriptio*. Een jaar na zijn overlijden, d. i. in 1619, gaf zijn Zoon te Edinburg, te gelijk met den tweeden druk van het gemelde werk, uit *Mirifici Logarithmorum Canonis constructio; una cum appendice de alia atque praestantiorum Logarithmorum specie condenda: quibus acceserunt propositiones ad Triangula Spherica faciliiori calculo resolvenda, una cum annotationibus Henrici Briggsii*, 4°.

**NEWTON** *Arithmetica Universalis*, eerste druk 1707. in 8°. door **WHISTON** uitgegeven; de beste drukken zijn die, welke 's **GRAVESANDE** te Leijden, in 1732, heeft bezorgd in 4°. , en vooral die, welke **CASTILLON**, in 1761, in twee deelen in 4°. , met eenen zeer breiden *Commentarius*, te Amsterdam heeft uitgegeven. — *Principia Philosophiae Naturalis Mathematica*, 4°.; de eerste druk London 1686, de tweede 1713, en de derde en laatste 1726, kort vóór den dood des schrijvers, die in 1727 voorviel, uitgegeven.

,Ni-

**NICOMEDES**, die waarschijnlijk in de tweede of in de eerste Eeuw vóór onze tijdrekening leefde, wordt in het III. Boek der Werkstukken, Werkst. IX. aangehaald, over het vinden van twee *middel-evenredige*. Hij is zeer beroemd door het uitvinden van de *Conchoïde*, of *Schulptrek*.

**OZANAM**, *Usage du Compas de proportion, Paris 8°.* — *Méthode de lever les Plans, Paris 1716. 8°.* Deze schrijver heeft vele zeer goede en nuttige werken uitgegeven, en is in 1717 overleden.

**PAPPI Alexandrini**, *Collectiones Mathematicae a FREDERICO COMMANDINO editae, Bononiae 1666 Folio.* De Grieksche tekst van dezen schrijver, die in de vijfde Eeuw van onze tijdrekening leefde, is nog nimmer in zijn geheel uitgegeven, slechts hebben eenige stukken het Licht gezien. Ook zijn er van hem *Lemmata* over APOLLONIUS, die door HALLEY, bij zijne uitgave van APOLLONIUS, gevoegd zijn.

**PELL**, (JOHN) *Controversia de verq circuli mensura inter LONGOMONTANUM et PELLUM Amstel. 1647. 4°.* PELL was toen Hoogleeraar te Amsterdam, werd het kort daar na te *Breda*, vertrok in 1652 weder naar Engeland, en is in 1682 overleden.

**PERRAULT**, (CLAUDE) een verdienstvolle Natuurkenner en Bouwkundige, door vele werken beroemd, en onder anderen door zijne Fransche vertaling van VITRUVIUS, hier aangehaald bl. 39.

**PHILO** van *Byzantium*, een beroemd Grieksch *Mathematicus*, die na HERO leefde, mischien twee Eeuwen vóór onze tijdrekening, wordt aangehaald V. 17. Gev. 4, en in het IX. Werkstuk van het III. Boek, over het vinden van twee *middel-evenredige*.

**PITOT**, een schrander Wiskonstenaar, in 1774 overleden, wordt aangehaald VI. 2.

**PLATO**, beroemd Grieksch Wijsgeer, die vierhonderd jaren vóór onze tijdrekening leefde, en aan wien vele uitvindingen in de Meetkunde worden toegeschreven, wordt aangehaald IV. 15. Aanm. 5. en *Werkstukken* III. 9. over eene zeer vernuftige wijze om twee *middel-evenredige* te vinden.

**PROCLUS**, *In primum librum EUCLIDIS Commentariorum Libri IV. edente FRANCISCO BAROCIO. Pataviae 1560. Fol.* De Grieksche tekst van PROCLUS, welke in 't midden der vijfde Eeuw van onze tijdrekening leefde, is in 't jaar 1535 te Bazel, achter den EUCLIDES, gedrukt; doch BAROCIUS klaagt over het gebrekkige van die uitgave. Er is te Londen, in 1792,



1792, in twee deelen in 4°. eene Engelsche vertaling van dit werk uitgekomen, verrijkt met vele aantekeningen, met verhandelingen over de Platonische Wijsbegeerte, en met nog een ander werk van PROCLUS. De geheele titel is, *The Philosophical and Mathematical Commentaries of PROCLUS on the first Book of EUCLID's Elements: To which were added a history of the restoration of Platonic Theology by the latter Platonists, and a translation from the greek of PROCLUS Theological Elements.*

PTOLEMAEI *Almagestum*, seu *magnae compositionis mathematicae opus*, is te vinden in des schrijvers werken, in het-Latijn uitgegeven te Bazel, in folio, in 1515; en later, ook in 1551, door ERASMUS OSWALD SCHREKKENHUSIUS. Het oorspronkelijk werk is in 't Grieksch, in het jaar 1538 te Bazel met den *Commentarius* van THEON gedrukt. De Heer HALMA bereidt eene uitmuntende uitgave van dit werk, in 't Grieksch en in 't Fransch. De vertaling is geheel door DELAMBRE nagezien, die het werk met schoone en nuttige aanmerkingen heeft verrijkt. Het eerste deel is in 1813, te Parijs in 4°. uitgekomen. PTOLEMAEUS leefde in de eerste helft der tweede Eeuw van onze tijdrekening.

PUISSANT, *Traité de Géodésie*, Paris 1806. 4°. *Traité de Topographie, d'Arpentage, et de Nivellement*, Paris 1807. 4°.

PYTHAGORAS, deze beroemde Wijsgeer, die vijf Eeuwen vóór onze tijdrekening leefde, is in de Wiskunde bekend door het voorstel dat zijnen naam draagt (II. 16.) en wordt ook aangehaald (II. 16. Aanm. 3.) wegens een middel daar uit afgeleid om winkelhaken te beproeven.

RENALDINI, (CAROLUS) Hoogleeraar te *Padua*, en aldaar in 1700 overleden, heeft vele werken uitgegeven, van welke er hier maar één aangehaald wordt, te weten: *Ars analytica Mathematicum*, Florentiae 1665. Fol en daarin zijn tractaat *de Resolutione et Compositione Mathematica*. De Hoogleeraar THOLEN heeft de vriendelijkheid gehad mij uit dat werk (dat ik niet bezit) het geen mij noodig was, te bezorgen.

ROBERTSON, (JOHN) *A Treatise of Mathematical Instruments*, Lond 1749. 8°. — *The Elements of Navigation*, London 1806. The 5 Edition, 2 deelen 8°. De eerste druk is van 1748.

SAURIN, (JOSEPH) overleden in 1739, wordt aangehaald bl. 266.

SAUVEUR, (JOSEPH) *Géométrie Élémentaire et Pratique*, uitgegeven en vermeerdert door LE BLOND 1753, in 4°. De schrijver was reeds in 1716 overleden.



**SERENUS**, een goed Wiskunstenaar, die in de vierde of vijfde Eeuw van onze tijdrekening leefde, heeft een werk geschreven *de Sectione Coni*, en een *de Sectione Cylindri*, welke HALLEY bij zijne uitgave van APOLLONIUS gevoegd heeft. **SHERWIN**. Zie hier onder, Mathematische Tafels.

**SIMSON**, (ROBERT) *Sectionum Conicarum, Libri V. Edlenb.* 1750 4°.

— *Opera quaedam reliqua post auctoris mortem in lucem edita, Glasgae* 1776, op kosten van Lord STANHOPE uitgegeven, die maar een zeer klein getal exemplaren, tot geschenk, heeft laten opleggen, waar door het werk zeer zeldzaam is. Zie verder op EUCLIDES.

**SIMPSON**, (THOMAS) *Elements of Géometry, 2th. Edit. London* 1760. 8°.

**SLUSH**, (RENATI FRANCISCI) *Mesolabum, Leodii* 1668. 4°. Deze beroemde Wiskunstenaar overleed in 1685.

**SNELLIUS**, (WILLEBRORD) *Cyclometricus, Lugd. Batav.* 1621. 4°. Deze uitmuntende man is, in den bloei zijns levens, in 1626 overleden.

**SPORUS**, aangehaald in het III. Boek der Werkstukken, Werkst. 9. over het vinden van twee middel - evenredige.

**STEDMAN**, aangehaald bl. 253.

**STEENSTRA**, *Grondbeginsels der Meetkunst* 8°. een werk waarvan zeven drukken zijn. Het wordt, kortsheidshalve, door de letters St. aangewezen. *Verhandeling over de klootsche driehoeksmeeting*, Amst. 1770. 8°. wordt hier aangehaald met de verkorting, kl. dr. De schrijver is in 1788 overleden.

**STURMIUS**. (JOH. CHRISTOPH) Van de menigvuldige werken door dezen verdienstelijken man, die in 1703 overleden is, uitgegeven, wordt alleen op het einde der Werkstukken aangehaald, *Mathesis Enucleata, Noribergae* 8°. De eerste druk, in 1686 uitgekomen; de tweede, na des schrijvers dood, in 1711.

**TACQUET**, (ANDREAS) Zie op EUCLIDES. Verscheide Mathematische Verhandelingen zijn in één deel, in folio, onder den titel, A. TACQUET *Opera*, verschenen. Hij stierf in 1660.

**THALES**. Aan dezen beroemden Griekschen Wijsgeer, die 600 jaren vóór onze tijdrekening leefde, worden verscheide ontdekkingen in de Meetkunde toegeschreven. Hij wordt hier aangehaald V. 7. Aanm. 4.

**THEONIS SMYRNAEI**, *Eorum quae in Mathematicis ad PLATONIS Lectionem utilia sunt expositio: edidit ISMAEL BULLIALDUS. Gr. Lat. Lutetiae* 1644. 4°. THEON leefde in het begin der tweede eeuw van onze tijdrekening.

**VIETA**, *Opera Mathematica*, operâ atque studio Fr. van Schooten; Lugd. Bat. 1646. in Folio. Deze groote man is in 1603 overleden.

**VIVIANI**, *De locis solidis secunda divinatio Geometrica. Florentinae*, 1701. in Folio. Deze vernuftige Wiskonstenaar, die vele goede werken heeft uitgegeven, stierf in 1703.

**WALLIS**, *De Algebra Tractatus*: dit boek is in het jaar 1685 in het Engelsch uitgekomen, en in het Latijn herdrukt in het 2de deel der *Opera Mathematica* van dien schrijver, Oxford 1693. 3 vol. folio. Deze verdienstelijke en door en door geleerde man stierf in 1703. in het 88ste jaar zijns ongemeen nuttigen levens.

**WOLFF**, (CHRISTIANI) *Elementa Matheseos Universae*, Halae 1742, 5 deelen in 4°. Verscheide Mathematische en Wijsgeerige werken van dien schrijver, die in 1754 overleden is, zijn in onze taal in 8°. gedrukt.

# AANWIJZING VAN TAFELS.

**M**en behoort zich in de studie der Wiskunde van verscheide Tafels te voorzien, als daar zijn: I. *Sinus-Tafels*; II. *Quaadrat- en Cubic-Tafels*; III. Tafels van *Divisoren* en *Prim-getallen*.

I. Van de *Sinus- en Logarithmus-Tafels* zijn vele drukken in alle talen; de beste in de onze zijn:

*Tafelen bevattende de Sinussen, Tangenten, en Secanten enz. benevens derzelve Logarithmen, als mede de Logarithmen der gewone getallen van 1 tot 10,000, door B. J. DOUWES, te Amsterdam, bij G. Hulst van Keulen, 1779, in 8°.*

En vooral, de groote Tafels van denzelven, die tot tijtel voeren, *Tafelen, behelzende de Sinussen, Tangenten, Secanten, en Sinus versus enz. benevens de vergrootende breedte, als mede de Logarithmen voor alle getallen van 1 tot 100,000, door B. J. DOUWES, te Amsterdam, bij J. van Keulen en Zoonen, 1776. 8°.*

Deze zijn geschikt naar de Tafelen van SHERWIN; doch daar de Heer DOUWES in de Tafels der Logarithmen van *Sinussen* enz. de verschillen weggelaten heeft, zijn deze Tafels veel minder nuttig dan die van SHERWIN, welke tot tijtel voeren:

*SHERWIN'S Mathematical Tables: carefully revised and corrected, by WILLIAM GARDINER. Ik gebruik den druk in 1761, te Londen, in 8°. uitgegeven; daar na zijn nog nadere drukken in 't licht verschenen; men heeft mij berigt dat er onder deze zijn waarin zeer vele drukfeilen gevonden worden.*

De uitgestrekte en beste Tafels zijn; die van VLACQ, in 1628 en 1633, te Gouda in *folio* gedrukt, doch die thans zeer zeldzaam voorkomen en zeer duur zijn. VEGA heeft eenen herdruk van dezelve bezorgd; de groote *Logarithmus-Tafels* van GARDINER, zijn in 1742, te Londen in 4°. uitgegeven: men vindt er de Logarithmen der *Sinussen* enz. van 10 tot 10 seconden: deze Tafels zijn in 't Fransch met vele en belangrijke vermeerderingen uitgegeven door den Heer PEZENAS, onder den tijtel:

*Tables des Logarithmes, contenant les Logarithmes des nombres depuis 1 jusqu'à 102100 &c. publiées ci-devant, par M. GARDINER, Avignon 1770. 4°.*

Doch vóór eenige jaren zijn die Tafels wederom met alle mogelijke naauwkeurigheid in 8°. herdrukt, en, wat de schikking der Logarithmen betreft, verbeterd, onder den tijtel van:

*Ta-*

*Tables portatives de Logarithmes, publiées à Londres, par GARDINER, augmentées et perfectionnées dans leur disposition, par M. CALLET, Paris, chez Didot, 1783.*

Deze Tafels verdienen, mijns oordeels, de voorkenze boven alle andere van dien aard (\*), vooral zederd den druk van 1795, welke *gestereotypeerd* is geworden. In de achtervolgende uitgaven heeft men het zoo ver gebragt, dat men, tot nu toe, in de laatste geen drukfeilen heeft kunnen ontdekken. Men behoort echter te letten dat men in dezelve (even als in die van REZENAS of GARDINER) de *natuurlijke* of *flecht Sinusfen*, *Tangenten* en *Secanten* niet aantreft, zoo als in de gewone Tafels, noch de *sinus versus*, zoo als in die van SHERWIN. Daar echter de *flecht-sinusfen* en *sinus versus* in sommige deelen der Stuurmanskunst te pas komen, moet men zich ook van eenige dier reeds opgenoemde kleine tafels voorzien, hoewel men, zonder veel moeite, uit den *Logarithmus-sinus* den *Natuurlijken sinus*, door de *Logarithmus-Tafels* kan opmaken. MACKENZIE heeft in zijne Verhandeling over de Lengte op Zee, Tafels van *flecht-sinus versus* uitgegeven van 10 tot 10 seconden; welke ik in de vijfde druk mijner Verhandeling over de Lengte op Zee heb laten herdrukken, tevens aan dezelve eene meer duidelijke en kortere schikking gevende.

Onder alle de drukken van kleine *Logarithmus-Tafels*, die in verre de meeste gevallen der praktijk genoegzaam zijn, en als een handboek kunnen dienen, zijn de volgende de beste, inzonderheid voor de schikking der getallen, die voortreffelijk is.

*Tables de Logarithmes pour les Sinus et Tangentes de toutes les minutes du quart de cercle, et pour tous les nombres naturels depuis 1 jusqu'à 10800. Paris chez Guerin et de la Tour, 1760. 8°. en vooral de Tafels van LA LANDE, in klein duodecimo, getijeld: Tables de Logarithmes pour les nombres et pour les sinus. Deze zijn gestereotypeerd, en zoo veel men tot nu heeft kunnen nagaan, zijn er geen feilen in.*

II. Het kan somtijds in de praktijk nuttig en aangenaam zijn met een opslag, van het oog het *quadraat* of den *cubus* van eenig getal te vinden, of den *quadraat-* of *cubiek-wortel* van eenig getal te kunnen nagaan: hiertoe dienen de zoogenaamde *Quadraat-* en *Cubiek-Tafels* die men in eenige boeken over de Algebra, en ook afzonderlijk, aantreft: zoo als die, welke door BUCHNER met eene Hoogduitsche verklaring zijn uitgegeven, onder den tijtel JOH. PAUL BUCHNERS *Tabula radicum qua-*

(\*) Ik zeg van dien aard. Want MICHAEL TAYLOR heeft in 1792. te Londen Tafels in 4to uitgegeven van *Logarith. sinus* enz. van seconde tot seconde.

*quadratorum et cuborum, bis auf 12000, Nurnberg 1701: in langwerpig 8°.* In deze Tafels zijn vele drukfeilen.

*Tables des quarrés et des cubes et de leurs racines représentées pour les nombres naturels depuis l'unité jusqu'à dix mille par C. SEGUIN l'Ainé. Paris 1801. 8°.* Deze Tafels zijn zeer naauwkeurig en door eene uitvoerige en keurige verklaring voorafgegaan.

*Tetragonometria Tabularia, auctore L. J. LUDOLFIO, Amstelodami 1690. 4°.* bevat zeer uitvoerige Quadraat-Tafels.

Er staan ook Quadraat- en Cubiek-Tafels van 1 tot duizend, in het werk van LAMBERT, tot tijtel voerende:

*Zusatz zu dem Logarithmischen und Trigonometrischen Tabellen, Berlin 1770. 8°.*

III. Men vindt Tafels van *Prim-getallen* in het reeds aangehaalde boek van LAMBERT; doch zij zijn van zelf begrepen in die Tafels, welke de deulers van alle de getallen opleveren, vermits de getallen, welke geen deulers hebben dan de eenheid, *prim-getallen* zijn: onder deze munten zeer uit:

ANJEMA, *Table des diviseurs de tous les nombres naturels depuis 1 jusqu'à 10,000, Leyde 1767.*

MARCI, (ADOLPH FREDERIK) *Uitvoerige Tafelen van Prim-getallen van 1 tot 400,000; benevens eene verhandeling over de wijze van vinding en de nuttigheid der prim-getallen: Amsterdam 1771. 8°.*

Doch vooral

CHERNAC, (L.) *Cribrum arithmeticum, Daventriae 1811. 4°.* In dit werk vindt men de *divisoren* van alle de getallen die niet door 1, 3, of 5 deelbaar zijn; van 1 tot 1020000.

BURCKHARD heeft het tweede en derde millioen uitgewerkt in Tafels, ten tijtel dragende: *Table des diviseurs de tous les nombres du deuxième million, Paris 1814. du troisième million, Paris 1815.* belde in 4°. op het zelfde formaat als het werk van CHERNAC, waaraan dit tot vervolg dient.

IV. Voor de beschrijving van Mathematische Instrumenten. Zie hier boven de werken van BION, OZANAM, CUNN, ROBERTSON.

# A A N W I J Z I N G

D E R

## MATHEMATISCHE WERKTUIGEN,

WELKE IN DIT WERK UITGELEGD WORDEN.

**DEEL-PASSER, VERDEEL-PASSER**, in 't Hoogduitsch *Theil passer*, in 't Fransch *Compas de reduction*, in 't Engelsch *Proportional-compasses*, IV. 2. Aanm. 9.

**GUNTER'S SCHAAL** of *Logarithmen-schaal*, VIII. Afd. 3. N<sup>o</sup>. 2.

**HOEKMEETER**, doorgaands *Transporteur*, en bij de Engelschen *Protractor* genoemd, VIII. 2. Aanm. 2.

**LINIAAL**. Zie *Parallel-liniaal*.

**LOGARITHMEN-SCHAAL**. Zie *Gunters-schaal*.

**PARALLEL-LINIAAL**, door middel van twee linialen. I. Bep. 10. Gev. 2. Aanm. — Gewone I. 32. Aanm. 2. — Van ECKHARDT I. Bep. 16. Aanm. 3.

**PASSER**. Zie *Deel-passer*, *Proportioneel-passer*.

**PLEIN-SCHAAL**. Op dezelve zijn verscheide lijnen: als

Lijn van *gelijke deelen*, ook met *Transversalen*. IV. 2. Aanm. 6.

— *Choorden* en *Rhumbs* of *Compasstreken*. VIII. 12. Aanm. 2 en 4.

— *Sinus*. VIII. 15. Aanm.

— *Tangenten*. — VIII. 25. Aanm. 2. bl. 353.

— *S. T.* of *Sinus-Tangenten*. VIII. 25. Aanm. 3.

— *Secanten*. VIII. 31. Aanm. 2.

— *Longitude*, ook genaamd *M. L. Miles Longitude*. IX. 2. Aanm. 3. en XII. 14. Aanm.

**PROPORTIONAAL-PASSER**, bij de Engelschen *Sector*, bij de Franschen *Compas de proportion*.

Algemeen grondbeginsel waarop deszelfs gebruik gevestigd is. IV. 2. Aanm. 7.

Uitlegging der verschillende lijnen die op den Proportioneel-passer meest-al gevonden worden.

Lijn van *gelijke deelen*: ook *Arithmetische*, of *parties-égales*, of *Equal parts* genoemd, ook met eene L. bestempeld. IV. 2. Aanm. 8.

— in *uiterste* en *middelste rede*, of *extrema et media ratione*. IV. 17. Aanm. 2.

— der *Vlakke figuren*, *ligne des plans*, ook *geometrische lijn* genoemd, IV. 24. Aanm. 2. en voor het vinden eener middel-evenredige. Werkstukken III. 7. Aanm. Deze staat zelden op de Engelsche Proportioneel-passers: altijd op de Fransche.

\*\*\* 2

Lijn

## XXXVI *Aanwijzing der Mathematische Werktuigen.*

- Lijn.* der *Polygonen*, of *Veelhoeken*. VI. 9. Aanm. 1.
  - der *Choorden*. VIII. 12. Aanm. 2.
  - der *Sinusfen*. VIII. 15. Aanm.
  - *Tangenten*. VIII. 25. Aanm. 1, 2.
  - *Secanten*. VIII. 31. Aanm. 2.
  - *Ligchamen*, *Corpora solida*, *Ligne des solides*. XI. 36. Aanm. en voor het vinden van twee middel-evenredige. Werkstukken III. 9. Aanm. 2. *Oplossing* VI. verder voor de *Spheer*. XII. 22. Aanm. 1.
  - *Reductio Corporum solidorum*. XI. 35. Aanm. 4.
  - *Inscriptio Corporum solidorum*. XII. 40. Aanm.
- Deze twee worden thans zelden op de Proportionaal-pasfers gevonden; en nooit, even weinig als die van de *Ligchamen*, op de tegenwoordige Engelsche.
- der *Metalen*; *ligne des Metaux*. XII. 22. Aanm. 2.

PROTRACTOR. Zie *Hoekmeter*.

SCHAAL. Zie *Pleinschaal*, *Schuifschaal*.

SCHUIF-SCHAAL, bij de Engelsche *Slider-rule*. VIII. Afd. 3. N<sup>o</sup>. 3.

SECTOR. Zie *Proportionaal-pasfer*.

TRANSPORTEUR. Zie *Hoekmeter*.

WINKELHAAK. Middelen om dezelve te toetsen.

Middel van PYTHAGORAS. II. 16. Aanm. 3.

— van THALES. V. 7. Aanm. 4.

---

## UITLEGGING DER TEEKENS

### IN DIT WERK GEBRUIKT.

$\equiv$  beteekent gelijkheid;  $A \equiv B$  is *A gelijk aan B*.

$\propto$  Dit teeken werd oudtijds voor *gelijkheid* gebruikt: wij zullen het gebruiken om *gelijk-haltigheid*, of *gelijkheid van inhoud* aan te duiden: zoo dat  $A \propto B$  beteekent dat *A* gelijken inhoud heeft als *B*, hoe veel ook anderzins van *B* in gedaante verschillende: en  $A \equiv B$  zal bestendig beteekenen *A*, in alle opzichten *gelijk* aan *B*: en dus ook, *gelijk-haltig*.

$>$  — grooter;  $A > B$  is *A grooter* dan *B*.

$<$

*Uitlegging der teekens in dit werk gebruikt. XXXVII*

$<$  *beteekent* kleiner;  $A < B$  is  $A$  *kleiner* dan  $B$ .

Sommigen gebruiken het teeken  $\sqsubset$  in plaats van  $>$  en  $\sqsupset$  in plaats van  $<$ .

$+$  — *plus* of *som*;  $A + B$  dat is  $A$  *plus*  $B$ , of de *som* van  $A$  en  $B$ .

$-$  — *minus*;  $A - B$  dat is  $A$  *min*  $B$ ; of  $B$  *afgetrokken* van  $A$ .

$\times$  — *multiplicatie*;  $A \times B$  of  $A . B$  beteekent  $A$  *gemultipliceerd* door  $B$ ; en  $(C \pm D) . E$ , of  $\overline{C \pm D} . E$ , beteekent de *som* van  $C + D$  of het *verschil* van  $C$  en  $D$  door  $E$  *gemultipliceerd*.

$\frac{A}{B}$  — *divisie*;  $\frac{A}{B}$  is  $A$  *gedivideerd* door  $B$ .

Dit wordt ook somtijds door twee stippen ( $:$ ) aangeduidt; als  $A : B$  beteekent ook  $A$  *gedivideerd* door  $B$ .

$\curvearrowright$  — *gelijkvormig*;  $A \curvearrowright B$  dat is  $A$  *gelijkvormig* aan  $B$ .

$:$  — *rede*;  $A : B$  beteekent de *rede* van  $A$  tot  $B$ ; dit wordt wanneer de *rede* *geometrisch* is, wel eens door *divisie*, en dus ook door  $\frac{A}{B}$  uitgedrukt, want *geometrische* *rede* is *divisie*.

$\perp$  — *loodregt*;  $A \perp B$  is  $A$  *loodregt* op  $B$ .

$//$  — *evenwijdig*;  $A // B$  is  $A$  *evenwijdig* met  $B$ .

$\angle$  — *hoek*.

$\text{L}$  — *regte hoek*.

$\triangle$  — *driehoek*.

$\square$  — *paralelogram*.

$\square$  — *regthoek*.

$\square$  — *vierkant*.

$\square$  — *paralelepipedum*.

$\bigcirc$  — *omtrek van den cirkel*.

$\frown$  — *boog van eenen cirkel*.

$\odot$  — *cirkel, de geheele inhoud van de figuur*.



# AANTEEKENING DER PROPOSITIEN VAN EUCLIDES, DIE MET DE VOORSTELLEN VAN DIT WERK OVEREENKOMEN.

NB. *De letter W duidt de Werkstukken aan.*

## I. BOEK VAN EUCLIDES.

I. Propositie is bij ons W. II. 2.			
II.	—	—	W. I. 1.
III.	—	—	W. I. 2.
IV.	—	—	I. 21.
V.	—	—	I. 27.
VI.	—	—	I. 28.
VII.	—	—	I. 26. <i>Gev. 2.</i>
VIII.	—	—	I. 26.
IX.	—	—	W. I. 15.
X.	—	—	W. I. 7.
XI.	—	—	W. I. 3.
XII.	—	—	W. I. 5.
XIII.	—	—	I. 3.
XIV.	—	—	I. 4.
XV.	—	—	I. 5.
XVI.	—	—	I. 15. <i>Gev. 1.</i>
XVII.	—	—	(*).
XVIII.	—	—	I. 18.
XIX.	—	—	I. 17.
XX.	—	—	I. 19.
XXI.	—	—	I. 20.
XXII.	—	—	W. II. 1.
XXIII.	—	—	W. I. 12.
XXIV.	—	—	I. 23.
XXV.	—	—	I. 23. <i>Aann.</i>
XXVI.	—	—	I. 22.
XXVII.	—	—	{ I. 8.
XXVIII.	—	—	
XXIX.	—	—	I. 7.
XXX.	—	—	I. 9.
XXXI.	—	—	W. I. 6.

XXXII.

(\*) „Twee hoeken van eenen driehoek zijn kleiner dan twee rechten.“ Dit ligt in het XV. Voorstel van ons eerste Boek stilzwijgend opgesloten.

XXXII.	Propositie is bij ons	I. 15.
XXXIII.	— — —	I. 30.
XXXIV.	— — —	I. 31. 33.
XXXV.	— — —	II. 11.
XXXVI.	— — —	II. 12.
XXXVII.	— — —	{ II. 13.
XXXVIII.	— — —	{ II. 13.
XXXIX.	— — —	{ II. 13. Aanm.
XL.	— — —	{ II. 13. Aanm.
XLI.	— — —	II. 11. Gev. 2.
XLII.	— — —	W. II. 12.
XLIII.	— — —	II. 14.
XLIV.	— — —	W. II. 14.
XLV.	— — —	W. II. 17.
XLVI.	— — —	W. II. 5.
XLVII.	— — —	II. 16.
XLVIII.	— — —	II. 17.

II. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie is bij ons	II. 1.
II.	— — —	II. 1. Gev. 1.
III.	— — —	II. 1. Gev. 2.
IV.	— — —	II. 3.
V.	— — —	II. 5.
VI.	— — —	II. 6.
VII.	— — —	II. 4.
VIII.	— — —	II. 7.
IX.	— — —	II. 8.
X.	— — —	II. 9.
XI.	— — —	W. I. 10.
XII.	— — —	{ II. 19.
XIII.	— — —	{ II. 19.
XIV.	— — —	W. II. 20.

III. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie is bij ons	W. V. i.
II.	— — —	V. 1.
III.	— — —	{ V. 9.
IV.	— — —	{ V. 9.
V.	— — —	{ V. 22.
VI.	— — —	{ V. 22.
VII.	— — —	V. 10.
VIII.	— — —	V. 11.
IX.	— — —	V. 9. Gev.

X. Propositie is bij ons V. 25.			
XI.	—	—	—} V. 23.
XII.	—	—	—} V. 23.
XIII.	—	—	— V. 24.
XIV.	—	—	— V. 11. Gev. 2.
XV.	—	—	— V. 11. Gev. 1.
XVI.	—	—	— V. 3. 4.
XVII.	—	—	— W. V. 12.
XVIII.	—	—	— { V. 4.
XIX.	—	—	— { V. 4.
XX.	—	—	— V. 5.
XXI.	—	—	— V. 5. Gev. 1.
XXII.	—	—	— VI. 6.
XXIII.	—	—	— VIII. 4. Gev. 3.
XXIV.	—	—	— VIII. 4. Gev. 2.
XXV.	—	—	— W. V. 2.
XXVI.	—	—	— { V. 6.
XXVII.	—	—	— { V. 6.
XXVIII.	—	—	— V. 6. Gev. 6.
XXIX.	—	—	— V. 6. Gev. 5.
XXX.	—	—	— W. V. 7.
XXXI.	—	—	— V. 7.
XXXII.	—	—	— V. 8.
XXXIII.	—	—	— W. V. 5.
XXXIV.	—	—	— W. V. 6.
XXXV.	—	—	— V. 12.
XXXVI.	—	—	— { V. 20.
XXXVII.	—	—	— { V. 20.

## IV. BOEK VAN EUCLIDES.

I. Propositie is bij ons W. V. 3.			
II.	—	—	— W. VI. 1.
III.	—	—	— W. VI. 2.
IV.	—	—	— W. VI. 4.
V.	—	—	— W. VI. 5.
VI.	—	—	— W. VI. 6.
VII.	—	—	— W. VI. 7.
VIII.	—	—	— W. VI. 8.
IX.	—	—	— W. VI. 9.
X.	—	—	— W. II. 10.
XI.	—	—	— W. VI. 11.
XII.	—	—	— W. VI. 12.
XIII.	—	—	— W. VI. 13.
XIV.	—	—	— W. VI. 14.
XV.	—	—	— W. VI. 15.
XVI.	—	—	— W. VI. 16.

V. BOEK VAN EUCLIDES.

De I, II, III, V. en VI. Propositien, betreffen de bijzondere leer van EUCLIDES omtrent de *gelijkvouden*.

IV. Propositie is bij ons III. 6.			
VII.	—	—	III. Axioma 1.
VIII.	—	—	III. — 2.
IX.	—	—	III. — 3.
X.	—	—	III. — 2.
XI.	—	—	III. — 5.
XII.	—	—	III. 18.
XIII.	—	—	III. Axioma 6.
XIV.	—	—	III. 4.
XV.	—	—	III. Axioma 4.
XVI.	—	—	III. 6.
XVII.	}	—	— III. 8.
XVIII.		—	— III. 8. Aanm. 2.
XIX.	—	—	—
XX.	—	—	} III. 11. Gev. 1.
XXI.	—	—	
XXII.	—	—	} III. 11. Aanm. 1.
XXIII.	—	—	
XXIV.	—	—	III. 13. Aanm.
XXV.	—	—	III. 9.

VI. BOEK VAN EUCLIDES.

I. Propositie is bij ons IV. 6.			
II.	—	—	IV. 1.
III.	—	—	IV. 12.
IV.	—	—	IV. 2.
V.	—	—	IV. 3.
VI.	—	—	IV. 4.
VII.	—	—	IV. 5.
VIII.	—	—	IV. 15.
IX.	—	—	W. I. 9.
X.	—	—	W. III. 1.
XI.	—	—	W. III. 4.
XII.	—	—	W. III. 5.
XIII.	—	—	W. III. 7.
XIV.	—	—	} IV. 8. Gev. 4.
XV.	—	—	
XVI.	—	—	IV. 8. Gev. 5.
XVII.	—	—	IV. 8. Gev. 6.
XVIII.	—	—	W. IV. 2.
XIX.	—	—	IV. 11.

XX. Propositie is bij ons IV. 24.			
XXI.	—	—	(*)
XXII.	—	—	IV 25.
XXIII.	—	—	IV. 8. Gev. 1.
XXIV.	—	—	IV. 23. Gev. 2.
XXV.	—	—	W. IV. 3.
XXVI.	—	—	(†)
XXVII.	—	—	{(§).
XXVIII.	—	—	
XXIX.	—	—	
XXX.	—	—	W. III. 11.
XXXI.	—	—	IV. 26.
XXXII.	—	—	(*)
XXXIII.	—	—	VIII. 1.


## VII. BOEK VAN EUCLIDES.

NB. Dit Boek, het VIII. en het IX., handelen over de eigenschappen der getallen, en derhalve behooren dezelve niet tot de Geometrie. Er worden echter uit die boeken in ons Werk eenige bepalingen verklaard, en eenige propositen bewezen. Zie hier dezelve

V. Bepaling is bij ons III. Bep. 2.			
XVI.	—	—	IV 9. Aanm. 2.
XVII }	—	—	III. Bep. 4. Aanm. 1. en XI. 12. Aanm. 3.
XVIII }	—	—	
XIX.	—	—	XI. 12. Aanm. 3.
XX.	—	—	III. Bep. 12. Aanm. 4.
XXI.	—	—	IV. 9. Aanm. 2. en XI. 12. Aanm. 3

XI.

(\*) De propositie is, „Regtlijnige figuren, die aan eene en de zelfde figuur gelijkvormig zijn, zijn onderling gelijkvormig” Dit is in de daad een Axioma.

(†) De woorden zijn, „Indien men (Fig. 5a.) van een parallelogram AD, een  G D afneemt, dat aan het eerstgemelde gelijkvormig en gelijkelijk geplaatst is, en eenen hoek F B E met het zelve gemeen heeft; zal dat parallelogram om de diagonaal van het eerstgemelde parallelogram staan.”

(§) Zie hier over de 4. en 5. Aanmerking op V. 13.

(.) De propositie is: „Indien twee driehoeken (Fig. 89.) B D F en A D E, waarin twee zijden evenredig zijn aan twee zijden (B F : D F = D E : A E; B A evenwijdig met eenen hoek (B D F en A D E) aan elkander gesteld zijn, dat de eveneensgeplaatste zijden (B F en D E : D F en A E) evenwijdig aan elkanderen zijn, zullen de twee overige zijden (D B en D A) ééne rechte lijn B D A hitmaken.” Het komt, wat het wezen der zaak betreft, met IV. 2. Gev. 3. overeen.

XI. Propositie is hier III. 8.			
XII.	—	—	III. 18.
XIII.	—	—	III. 6.
XVII. en XVIII.	—	—	III. Axioma 4.
XIX.	—	—	III. 5.
XX.	—	—	III. 5. Gev. 1.
XXII. } XXIII. }	—	—	III. 11.

VIII. BOEK VAN EUCLIDES

V. Propositie is hier IV. 9. Aanm. 2.			
XL	—	—	IV. 9. Aanm. 1.
XII.	—	—	XI. 11. Gev. 3.
XVIII.	—	—	IV. 24. Gev. 2.
XIX.	—	—	XI. 13. Gev. 3.
XXI.	—	—	XI. 12. Gev. 3.
XXVI.	—	—	IV. 24. Gev. 2.
XXVII.	—	—	XI. 13. Gev. 3.

IX. BOEK VAN EUCLIDES.

VIII en IX. Propositie zijn hier III. 17. Gev. 1.  
XVIII en XIX. (\*)  
XXXV. Propositie is hier III. 18. Gev. 3.

X. BOEK VAN EUCLIDES.

In dit Boek, dat zeer moeilijk te verstaan is, behandelt de Schrijver de leer der onmeetbare grootheden op eene zeer volledige, en naar den trant der Ouden geschikte wijze: sommige Bepalingen en Voorstellen worden ook op eenige plaatsen van ons Werk uitgelegd.

II. Bepaling is bij ons III. Bep. 8.  
III. }  
IV. } — zie hier over IV. 9. Gev. 10.  
V. }  
VI. }

L

(\*) In deze propositien stelt EUCLIDES voor te bepalen, of men aan twee of drie gegeven getallen een derde of vierde evenredige vinden kan? het geep schijnt te strijden met III. 5. Gev. 2. alwaar wij den regel om die getallen te vinden, als algemeen opgegeven hebben. Doch de rede is, dat EUCLIDES door het woord *getal*, geheel getal zonder breuken verstaat; en wij *getal* in het algemeen, het zij geheel, het zij breuk. Wanneer nu het product der middelste getallen niet zonder overschot door het eerste kan worden gedevidoeerd, is het gezochte getal geen geheel getal, en dus, volgens den zin in welken EUCLIDES dat woord neemt, geen getal.

I.	Voorstel is bij ons VII. 1.	
II.	————	III. Bep. 8. Aanm. 1.
III.	————	III. Bep. 7. Aanm. 4.
IX.	————	IV. 9. Gev. 10. N <sup>o</sup> . 4.
X.	————	III. Bep. 12. Gev. 1. Aanm. 3.
XIV.	————	Lemma: is bij ons II. 16. Gev. 12.
XXII.	————	komt over een met IV. 9. Gev. 10. N <sup>o</sup> . 1.
XXXIV.	————	Lemma 1. is II. 18.
LXXIV.	————	IV. 19. en VI. 22. Gev. 2.
CXVII.	————	III. Bep. 8. Aanm. 2, 3.
CLXXXV.	————	IV. 22. Gev. 1.

XI. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie is bij ons X. Bep. 1. Aanm.	
II.	————	X 1. en Gev. 2.
III.	————	X. Bep. 2. Aanm.
IV.	————	X. 2.
V.	————	X. 3.
VI.	————	X 4.
VII.	————	(*).
VIII.	————	X. 4.
IX.	————	X. 5.
X.	————	X. 6.
XI.	————	X 2. Aanm. 1.
XII.	————	X. 4. Aanm.
XIII.	————	X. 2. Gev. 1.
XIV.	————	X. 7.
XV.	————	X 6.
XVI.	————	X. 7. Gev. 2.
XVII.	————	X. 8.
XVIII.	————	X. 2. Gev. 4.
XIX.	————	X. 2. Gev. 6.
XX.	————	XI. 1.
XXI.	————	XI. 2.
XXII.	————	zie bij ons XI. Bep. 2. Gev. 2. Aanm.
XXIII.	————	XI. 3. Aanm. 2.
XXIV.	————	XI Bep. 9. Gev. 1.
XXV.	————	is bij ons XI. 7.
XXVI.	————	XI. 5. Gev. 1.
XXVII.	————	zie bij ons XI. Bep. 9. Gev. 3.
		XXVIII.

(\*) „Indien twee rechte lijnen evenwijdig aan elkander zijn, en men een stip in ieder derzelve neemt, welke stippen men door eene rechte lijn vereenigt, zal die lijn in het zelfde vlak liggen als de twee gegeven evenwijdige lijnen.” Dit is een Axioma.

XXVIII.	Propositie is bij ons XI. 6.		
XXIX.	}	—	— XI. 8.
XXX.		—	— XI. 9.
XXXI.		—	— XI. 10.
XXXII.		—	— XI. 13.
XXXIII.		—	— XI. 12. Gev. 1.
XXXIV.		—	— XI. 5. Gev. 2.
XXXV.		—	— XI. 13. Gev. 4.
XXXVI.		—	— XI. 13. Gev. 2.
XXXVII.		—	— X. 2. Gev. 5.
XXXVIII.		—	— XI. 6. Gev. 3.
XXXIX.		—	— XI. 16. Aanm. 1.
XL.		—	

XII. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie is bij ons VI. 9.		
II.	—	—	— VII. 16.
III.	—	—	— XI. 20.
IV.	—	—	— XI. 21.
V.	—	—	— XI. 23.
VI.	—	—	— XI. 24.
VII.	—	—	— XI. 25.
VIII.	—	—	— XL. 26. Gev. 6.
IX.	—	—	— XI. 26. Gev. 4.
X.	—	—	— XII. 8.
XI.	—	—	— XII. 2. Gev. 2.
XII.	—	—	— XII. 5. en 9. Gev. 3.
XIII.	—	—	} XII. 2. Gev. 3. en 9. Gev. 1.
XIV.	—	—	
XV.	—	—	— XII. 2. Gev. 4.
XVI.	—	—	} (*)
XVII.	—	—	
XVIII.	—	—	— XII. 19.

XIII. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie is bij ons IV. 18.		
II.	—	—	— IV. 20.
III.	—	—	— IV. 21.
IV.	—	—	— IV. 22.
V.	—	—	— IV. 16.

VI.

(\*) Twee Werkstukken die in ons bestek niet te pas kwamen : doch een gedeelte van de bewerking van het XVII. kan hier tot de aanmerking op het 5. Gevolg van XII. 32. gebragt worden.



VI.	Propositie	is bij ons	IV. 19.
VII. (*)	—	—	—
VIII.	—	—	IV. 32.
IX.	—	—	VI. 21. Gev. 3.
X.	—	—	VI. 22.
XI.	—	—	VI. 22. Gev. 1.
XII.	—	—	VI. 18.
XIII.	—	—	XII. 38. N <sup>o</sup> . I.
XIII.	Lemma	—	IV. 15. Gev. 3.
XIV.	Propositie	—	XII. 38. N <sup>o</sup> . II.
XV.	—	—	XII. 38. N <sup>o</sup> . III.
XVI.	—	—	XII. 38. N <sup>o</sup> . IV.
XVII.	—	—	XII. 38. N <sup>o</sup> . V.
XVIII.	—	—	XII. 38.
XVIII.	Scholium	—	XI. 31. Gev. 1.
— Lemma komt, wat den vijfhoek betreft, overeen met II. 29. Gev. 1.			

XIV. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie	is bij ons	VI. 21. Gev. 2.
II.	—	—	IV. 37. Gev. 5.
	Lemma	—	VI. 22. Gev. 2.
III.	Propositie	—	XI. 35. Aanm. 3.
IV.	—	—	XII. 40. Gev. 1.
	Lemma	—	VI. 23.
V.	Propositie	—	XII. 37. Gev. 2.
VI.	—	—	XII. 37. Gev. 2.
VII.	—	—	IV. 17.

XV. BOEK VAN EUCLIDES.

I.	Propositie	is bij ons	XI. 38. Gev. 3.
II.	—	—	—
III.	—	—	XI. 38. Gev. 4.
IV.	—	—	XI. 38. Gev. 5.
V.	—	—	XI. 38. Gev. 6.
VI.	—	—	XI. 32.
VII.	—	—	XII. 33. Aanm. 2.

(\*) „Zoo in een<sup>e</sup> gelijkzijdigen vijfhoek drie hoeken onderling gelijk zijn, is de vijfhoek gelijkhoekig.“ Dit Voorstel kwam in ons beslag niet te pas.

# I N L E I D I N G.

## I.

De Meetkunde is dat gedeelte der Wiskunde, dat de eigenschappen der uitgebreidheid navorscht, en dezelve door zekere redeneringen bewijst.

## II.

De uitgebreidheid en hare drie afmetingen, lengte, breedte en dikte, zoo wel als de Figuren die daaruit ontstaan, zijn het onderwerp der Meetkunde.

## III.

Het is enkel door eene aftrekking des Verstands, dat men deze drie afmetingen van de lichamen zelve afscheidt, om ze afzonderlijk te kunnen beschouwen.

## IV.

Het Voorwerp der Meetkunde is dus een afgetrokken en zeer eenvoudig denkbeeld.

D'ALEMBERT, *Mélanges*, T. IV. p. 158—63.

## V.

Het is aan die eenvoudigheid van het Onderwerp, aan de Grondbeginsels welke de Meetkundigen stellen, en aan de wijze op welke zij voortgaan, dat men de klaarblijkelijkheid der Meetkunde verschuldigd is.

D'ALEMBERT, *Mélanges*, T. IV. p. 164.

## VI.

De Grondbeginsels waaruit de Wiskundigen hunne bewijzen ontleenen, zijn de bepalingen zelve der voorwerpen die zij beschouwen; waar bij sommigen eenige algemeene kundigheden voegen, die zoo klaarblijkelijk zijn dat niemand van gezond verstand er aan kan twifelen. Deze worden *Axiomata* genoemd: bijv. als

- 1°. Twee grootheden die aan ééne en dezelfde gelijk zijn onderling gelijk.
- 2°. Het deel is kleiner dan het geheel.
- 3°. Alle de deelen te samen maken het geheel uit.
- 4°. Indien men gelijke grootheden bij gelijke grootheden voegt, of van dezelve aftrekt, zijn de sommen of de verschillen ook gelijk.

## VII.

## VII.

De Wiskundigen maken van twee soorten van bewijzen gebruik: de *regtstreeksche* en de *bewijzen uit het ongerijmde*.

Een béwijs, dat *regtstreeks* voortgaat, bestaat hierin; dat men, door eene aanëengeschakelde redenering, het geen bewezen moet worden uit de eenmaal gestelde grondbeginsels afleidt.

## VIII.

De *bewijzen uit het ongerijmde* bestaan hierin, dat men bewijze dat eene zaak waar is om dat ze niet valsch kan zijn: dat is, om dat men, met te stellen dat zij valsch, en dus het tegendeel waar is, in ongerijmdheden vervalt.

D'ALEMBERT, *Mélanges*, T. IV. p. 166: men treft reeds een voorbeeld van die bewijzen aan, in I. 2.

## IX.

Men maakt in beide de soorten van bewijzen een gedurig gebruik van het grondbeginsel van *op elkander stelling* (*superpositio*) en *overeenkomst* (*congruentia*). Men verbeeldt zich namelijk, dat eene Figuur zoodanig op eene andere geplaatst zij, dat eenige der deelen van de eerstgemelde met eenige deelen der laatstgemelde overeenkomen, of op dezelve vallen: en men gaat daaruit na, of alle de andere deelen van de eerstgemelde Figuur op alle de andere deelen van de laatstgemelde vallen, en dus of die beide Figuren geheel met elkander overeenkomen, en gevolgelyk onderling gelijk zijn, ja dan neen.

D'ALEMBERT, *Mélanges*, p. 165, 166. Dit grondbeginsel is het oorspronkelyk grondbeginsel van gelijkheid; zie I. Boek, Bep. VIII. Aanm. III. en reeds in het I. Voorstel van het zelve treft men een voorbeeld aan van die soort van bewijzen.

# GRONDBEGINSELS DER MEETKUNDE.

---

## EERSTE BOEK.

OVER DE ALGEMEENE EIGENSCHAPPEN DER  
REGTE LIJNEN, ZOO WEL OP ZICH ZELVE  
BESCHOUWD, ALS IN ZOO VERRE ZIJ  
DE HOEKEN VAN DRIEHOEKEN EN  
VIERHOEKEN UITMAKEN, OF  
DERZELVER ZIJDEN ZIJN.

---

## I N L E I D I N G.

### I. BEPALING.

Wanneer men de uitgebreidheid alleen met betrekking tot hare *lengte* beschouwt, op de *breedte* en *dikte* geen acht gevende, maar deze beide afstrekkende, verkrijgt men het denkbeeld eener *linie* of *lijn*.

EUCL. I. Bep. 2. — St. I. Bep. 2. — L. G. I. Bep. 1.

AANMERKING. Van daar de gewone spreekwijze der Wiskundigen, dat de lijn *eene lengte is zonder breedte, of dikte*.  
A B, fig. 1 en fig. 2.

### II. BEPALING.

De uiteinden der lijnen, en hare onderlinge snijdingen, worden *stippen* genoemd. Bij voorbeeld: A, B, fig. 1.  
A, B, C, D, fig. 3.

EUCL. I. Bep. 1 en 3. — St. I. Bep. 2. — L. G. I. Bep. 1.

I. AANMERKING. Van daar de gewone spreekwijze der Wiskundigen, dat *de stippen geen deelen bezitten*.

II. AANMERKING. Sommigen beschouwen de lijn [bij voorb. A B, fig. 1. A D B, fig. 2.] als door den gedurigen voortgang van een stip geboren; zoo men wil, als de *moet*, of het *spoor*, dat een bewogen stip, al voortgaande, zoude nalaten.

## 2 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der Figuren.

III. AANMERKING. De lijnen welke men in de Meetkunde beschouwt zijn *regte* of *kromme* lijnen.

### III. BEPALING.

Eene *regte* lijn is eene zoodanigé lijn, die overal gelijk tusschen hare stippen gelegen is. Fig. 1. AB:

EUCL. I. Bep. 4. — St. I. Bep. 5.

### GEVOLG.

Wanneer twee stippen gegeven zijn, wordt derzelver afstand van elkander gemeten door de regte lijn die van het eene tot het andere getrokken wordt.

St. I. Bep. 8.

I. AANMERKING. Anderen zeggen: eene regte lijn is die, welke de kortste is tusschen twee stippen. Deze bepaling komt mij voor eerder een gevolg van onze bepaling, dan wel een grondbeginsel te zijn. Hoe dit zij, indien zij aangenomen wordt, is ons XIX Voorstel een *Axioma*, maar dan wordt ook ons eerste *Axioma* een Voorstel dat bewezen moet worden.

L. G. I. Bep. 3.

II. AANMERKING. Het is met deze bepaling gelegen, even als met alle bepalingen van zaken, die te eenvoudig zijn om met woorden uitgelegd te kunnen worden: zij zijn alle onvolmaakt, en meer of min duister. De Heer D'ALEMBERT heeft hier over uitmuntend gehandeld in zijne *Mélanges de Philosophie* IV Deel, bl. 163 en V Deel, bl. 203—206.

III. AANMERKING. Uit deze bepaling van eene regte lijn volgen deze drie *Axiomata*, of *algemeene kundigheden*; en deze drie *algemeene vooronderstellingen*, of *Postulata*.

### I. AXIOMA.

Regte lijnen waarvan twee stippen overeenkomen, komen geheel over een, of liggen geheel op elkander.

AANMERKING. Wanneer men tot bepaling aanneemt, „dat de kortste lijn tusschen twee stippen regte lijn genoemd wordt,” is dit *Axioma* geen *Axioma*, maar een voorstel dat bewezen moet worden, gelijk ook LE GENDRE gedaan heeft, I: 3.

### II. AXIOMA.

Regte lijnen [AB, CE, fig. 3.] die elkander snijden,  
of

## *Inleiding.*

of die uit het zelfde stip getrokken worden, [gelijk BC, BE, fig. 8.] hebben niets met elkander gemeen dan het stip waarin zij zich snijden, of ontmoeten, of waaruit zij getrokken worden: dit is het eenigste het welk tot alle die lijnen behoort.

St. I. *Axioma* 13.

### III. AXIOMA.

Regte lijnen, wier uiterste stippen met elkander overeenkomen, en die gevolgelyk [*Axioma* I.] geheel overeenkomen, zijn aan elkander gelijk; en omgekeerd, lijnen die aan elkander gelijk zijn, komen geheel met elkander overeen, zoo men hare uiterste stippen, of uiteinden, op elkander legt.

St. I. *Axioma* 11.

AANMERKING. Het is uit dit eenvoudig grondbeginsel dat alle de bewijzen, de gelijkheid van regte lijnen betreffende, oorspronkelyk ontleend worden.

#### I. VOORONDERSTELLING.

Men vooronderstelt dat het mogelijk is eene regte lijn van eenig stip tot eenig ander, of onbepaaldelyk, te trekken.

EUCL. I. *Postulatum* 1.

AANMERKING. In de praktijk wordt daartoe niets anders dan een liniaal en eene trekpen vereischt.

#### II. VOORONDERSTELLING.

Men vooronderstelt dat het mogelijk is eene gegeven regte lijn te verlengen; het zij zoo ver men wil, het zij tot dat zij aan eene andere gegeven lijn gelijk zij, of grooter worde dan deze.

EUCL. I. *Post.* 2.

AANMERKING. Hoe men handelen moet om uit een gegeven stip eene regte lijn te trekken, die aan eene gegeven lijn gelijk zij, is het onderwerp van het eerste werkstuk, in het eerste boek der werkstukken. De oplossing is gevestigd op het vierde *Axioma*, na de V Bepaling opgegeven.

4 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der Figuren.*

III. VOORONDERSTELLING.

Men vooronderstelt dat men van eene gegeven rechte lijn een stuk kan afnemen dat aan eene gegeven lijn gelijk is.

AANMERKING. Dit is het onderwerp van het 2de werkstuk, in het I Boek der werkstukken. De oplossing is gevestigd op het volgende IV *Axioma*.

IV. BEPALING.

Eene *kromme lijn* is eene lijn, welke [zoo als ADB fig. 2.] ongelijkelijk tusſchen hare uiteinden gelegen is.

I. AANMERKING. De II. Aanmerking op de III. Bepaling is ook hier toepasselijk. Anderen, gelijk LE GENDRE, [I. Bep. 4.] noemen *kromme lijnen*, die, welke noch rechte lijnen, noch een ſamenſtel van rechte lijnen, zijn.

II. AANMERKING. Van het oneindig getal kromme lijnen die men zich kan voorſtellen, wordt er maar ééne éénige beſchouwd, in het geen men, volgens den ſtrikſten zin door de Ouden aan dat woord gegeven, *Elementaire Geometrie*, of *Grondbeginsels der Meetkunde*, noemt; te weten, de *omtrek des cirkels*, en de deelen van dien omtrek.

V. BEPALING. Fig. 4.

Men noemt *cirkel* eene ruimte door ééne éénige kromme lijn [ABDEF] beſloten, welke de *omtrek des cirkels* genoemd wordt, en zoodanig geſteld is, dat alle de lijnen [AC, BC, DC, EC, FC] die men uit alle de ſtippen van denzelfven trekt tot zeker ſtip (C) binnen den cirkel gelegen, en waarin zij derhalven ſamenkomen, gelijk zijn. Dit ſtip (C) wordt het *middelpunt* des cirkels genoemd: de gemelde lijnen [CA, CB, CD, CE, CF] welke daaruit naar den omtrek [ABDEF] getrokken worden, dragen den naam van *ſtralen*, of *radii*. Die van *diameter*, of *middellijn*, wordt aan de lijn [ACE] gegeven, welke, door het middelpunt [C] gaande, den omtrek wederzijds raakt. Deelen des omtreks [gelijk BD, DEF enz.] worden *cirkel-bogen* genoemd.

EUCL. I. Bep. 15, 16, 17. — St. I, Bep. 9, 10, 11. — L. G. II, Bep. 1, 2, 3.

GEVOLG.

Iedere straal is de helft van eene middellijn : waarom de stralen ook *halve middellijnen* genoemd worden.

IV. VOORONDERSTELLING.

Men vooronderstelt dat het mogelijk is uit een gegeven *stip*, als middelpunt, en met een' bepaalden *straal*, of *radius*, eenen cirkel te trekken.

EUCL. I. Post. 3.

AANMERKING. Gelijk men, om eene regte lijn te trekken, in de praktijk geen ander werktuig behoeft dan een *liniaal* en eene *trekpen*: zoo ook om eenen *cirkel* te trekken heeft men niets noodig dan een *pasfer*. Vermits men nu, gelijk reeds gezegd is, [Bep. IV. Aanm. 2.] in de *Elementaire Geometrie* niets anders dan regte lijnen, mitsgaders de figuren uit dezelve samengesteld, en cirkels beschouwt; zegt men, dat er, om alles te bewerken wat daarin te verrigten valt, geene andere werktuigen vereischt worden dan een liniaal, een pasfer, en eene trekpen.

IV. AXIOMA. Fig. 11.

Indien men uit de twee uiteinden [A en B] van eene lijn, als middelpunten, twee cirkels trekt met een' en den zelfden *straal* [AB, BA] welke gelijk is aan die lijn, of grooter dan dezelve; zullen die cirkels [CBGED, en ACFG] elkander [in C en G] snijden.

I. AANMERKING. Men kan thans het 1 en 2 Werkstuk van het I. Boek oplossen.

II. AANMERKING. EUCLIDES heeft wel dit voorstel niet met zoo vele woorden uitgedrukt; doch hij gebruikt het, klaarblijkelijk, in de bewerking van het 1, 2 en 3 Voorstel van zijn eerste Boek.

III. AANMERKING. Wij stellen dit Voorstel onder de *Axiomata* om dat het van zelf blijkbaar is. WOLF heeft er in zijne *Elementa Matheseos* I. Deel, §. 197. *Elem. Geom.* een bewijs van gegeven: het geen hier op neer komt, dat de cirkels zich snijden om dat het middelpunt van den eenen binnen den omtrek van den anderen valt.

IV. AANMERKING. Indien men tot *straal* eene lijn gebruikte die korter ware dan AB, zouden de cirkels zich wel snijden,



## 6 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der Figuren.

den, zoo lang die lijn grooter is dan de helft van A B: indien zij gelijk was aan die helft, zouden de cirkels zich slechts op de lijn zelve aanraken: zoo kleiner, zouden de cirkels zich noch raken, noch snijden, maar geheel van elkander afstaan.

### VI. BEPALING.

Men noemt *oppervlakte* eene ruimte die men alléén met betrekking tot lengte en breedte beschouwt, zonder op de *dikte* te letten, maar, in tegendeel, dezelve aftrek-  
kende.

I. AANMERKING. Van daar de spreekwijze der Wiskundigen, dat de oppervlakte alléén uit *lengte* en *breedte* bestaat, zonder *dikte*.

EUCL. I. Bep. 5. — St. I. Bep. 3. — L. G. I. Bep. 5.

### GEVOLG.

De uiteinden eener oppervlakte zijn lijnen: het zij regte, het zij kromme lijnen.

EUCL. I. Bep. 6. — St. I. Bep. 3.

II. AANMERKING. Sommigen beschouwen de oppervlakte als door den voortgang eener lijn geboren: als het *spoor*, of de *moer*, die eene bewogen lijn zoude nalaten.

### VII. BEPALING.

Een *Vlak*, of *effen* oppervlakte, of *platte* oppervlakte, is eene zoodanige, welke overal gelijkelijk tusfchen hare uiteinden ligt.

EUCL. I. Bep. 7. — L. G. I. Bep. 6.

I. AANMERKING. Anderen bepalen het *Vlak* aldus: eene oppervlakte, welke eene regte lijn in alle hare deelen kan raken: op welke eene regte lijn geheel past en sluit.

Zie CLAVIUS op de 7 Bep. van het I. Boek van EUCLIDES. — St. I. Bep. 6.

II. AANMERKING. Wij zijn hier wederom in het geval, waarvan wij in de II. Aanmerking van onze III Bepaling gewag gemaakt hebben.

III. AANMERKING. Men merke eens vooral op, dat alle de deelen van de figuren, die in de negen eerste Boeken voorkomen, voorondersteld worden voor iedere figuur, of samen-  
stel.

stelling, in een en het zelfde vlak te liggen, zoo dat alle de figuren *vlakke figuren* zijn.

# VIII. BEPALING. Fig. 5.

De onderlinge helling van twee lijnen [DB en EB] die in het zelfde vlak gelegen zijn, en verlengd worden, tot dat zij elkander in eenig stip [B] snijden, of ontmoeten, wordt *vlakke hoek* genoemd. Die hoek is regtlijnig, zoo de lijnen, die denzelfven uitmaken, regt zijn.

Het stip [B], waar de beide lijnen elkander ontmoeten, of waarin zij zich snijden, wordt de *kruin*, of de *top*, van den hoek genoemd: de lijnen zelve [BD, BE] zijn de *beenen* van den hoek.

EUCL. I. Bep. 8 en 9 — St. I. Bep. 13. — L. G. I. Bep. 9.

I. AANMERKING. Wanneer een hoek met letters wordt uitgedrukt, gebruikt men daartoe, of drie letters, of ééne letter: als men er ééne gebruikt, is het altijd de letter die aan den top staat; als men er drie gebruikt, stelt men altijd de letter van den top in het midden; dus wordt de hoek in fig. 5. of hoek DBE, of wel enkel hoek B, genoemd. Als een hoek, gelijk in fig. 5., alleen staat, gebruikt men meest enkel de top-letter: maar wanneer, gelijk in fig. 7, verscheide lijnen AB, EB, DB, FB, CB in een stip B samen komen, en dáár verscheide hoeken maken, moet men noodzakelijk drie letters gebruiken, en zeggen de hoeken ABE, EBD, DBF, FBC: of wel, men stelt in zoodanig geval een klein lettertje *m*, *n*, *p*, *q*, in ieder der hoeken dicht bij de kruin, en noemt iederen hoek naar het lettertje dat er in staat, hoek *m*, hoek *n* enz.

II. AANMERKING. Daar de hoek de helling van twee lijnen is; volgt het, dat de grootte van den hoek alléén uit de grootte van die helling, en geenszins uit de lengte der *beenen* van denzelfven, moet beoordeeld worden. Of de beenen lang of kort zijn, of zij meer of min verlengd worden, blijft hunne helling, en dus de hoek dien zij maken, de zelfde: in fig. 5 is hoek DBE de zelfde hoek als IBK.

III. AANMERKING. Men beoordeelt de gelijkheid van twee hoeken uit derzelver overeenkomst. Zij zijn namelijk gelijk, indien, wanneer men vooronderstelt, dat [fig 5 en 6] de beide toppen F en B op elkander, en een been [FN] van den éénen hoek langs een been [EB] van den anderen, gelegd zijnde, het tweede been [CF] van den eerstgemelden, met het tweede been [DB] van den laatstgemelden,

## 8 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der Figuren.

melden, overeenkomt, en dus de zelfde helling heeft. Zoo dit geen plaats heeft, zal die hoek de grootste zijn, wiens tweede been buiten het tweede been van den anderen valt, gelijk in fig. 8, hoek DBE grooter is dan hoek DBC; en hoek EBF kleiner is dan hoek CBF.

Dit is het oorspronkelijk denkbeeld, en de natuurlijke maat, van de gelijkheid of ongelijkheid van hoeken. De *swaai* der Timmerlieden steunt op dat grondbeginfel. En het is daarop, en *daarop allén*, dat de Wiskundigen alles bouwen, wat zij van de gelijkheid of ongelijkheid van verschillende hoeken bewijzen.

IV. AANMERKING. Er zijn er, die willen, dat men in de vergelijking van twee hoeken dus te werk gaa: dat men namelijk [fig. 5 en 6.] van de beenen gelijke deelen BI, BK, LF, MF afsnijde: met dezelve als *stralen*, uit de toppen B en F, cirkelbogen IK, LM beschrijve: en dat men dan uit de gelijkheid of ongelijkheid der ruimten IBK, LFM over de gelijkheid of ongelijkheid der hoeken oordele. Zie D'ALEMBERT, *Melanges*, V. Deel, p. 207. en p. 38. Doch men moet met het denkbeeld van een hoek, welke enkel in de helling van twee lijnen bestaat, dat van eene ruimte, die tuschen drie lijnen begrepen is, niet verwarren. Ook niet met dat van eenigen boog IK dien men als maat van den hoek aanneemt. [St. I. Bep. 14.] Wij zullen, wel is waar, in het eerste en tweede Voorstel van ons VIII Boek bewijzen, dat de cirkelbogen eene eigenaartige maat voor hoeken opleveren: doch ik twijfel of dit grondbeginfel wel als een *eerste grondbeginfel* kan beschouwd worden: vooral wanneer men tevens het denkbeeld van *graden* waarin de omtrek des cirkels verdeeld wordt, voegt bij dat van den boog waar door men zegt den hoek te meten, dat is, bij dat van den hoek zelven.

---

# I. A F D E E L I N G.

## OVER DE REGTE LIJNEN OP ZICH ZELVE BESCHOUWD.

### I. VOORSTEL.

Wanneer eene lijn  $[EB]$  op eene andere  $[DF]$  in het zelfde vlak gelegen, in eenig stip  $[B]$  invalt, maakt zij om dat stip  $[B]$  twee hoeken,  $[EBF]$  en  $[EBD]$  die of onderling gelijk zijn [fig. 9.) of ongelijk [fig. 8.)

AANMERKING. Dit voorstel is, in de daad, een *Axioma*. De voorwaarde *in het zelfde vlak gelegen*, is hier, duidelijkheids halve, nog eens bij gevoegd: maar zij moet, gelijk reeds gezegd is (Bep. VII. Aanm. 3.) voor alle de voorstellen in de negen eerste Boeken, stilzwijgend voorondersteld worden.

### IX. BEPALING. Fig. 9.

Wanneer eene lijn  $[EB]$  zoodanig op eene andere lijn  $[DF]$  invalt, dat zij ter wederzijde van het stip  $[B]$  van invalling *gelijke hoeken*  $[EBD, EBF]$  maakt, worden die hoeken *rechte hoeken* genoemd: de invallende lijn  $[EB]$  wordt gezegd *loodrecht* op de andere  $[DF]$  te staan, en draagt den naam van *loodrechte*, of *perpendiculaire*, lijn.

Een hoek  $[EBD]$  fig. 8.] die grooter is dan een *rechte* hoek  $[DBC]$  wordt *stompe*, of *plompe* hoek genoemd: en een hoek  $[EBF]$  die kleiner is dan een *rechte*  $[CBF]$  wordt *scherpe hoek* genoemd.

EUCL. I. Bep. 10, 11, 12. — St. I. Bep. 15, 16, 17. — L. G. I. Bep. 10, 11,

AANMERKING. Uit deze bepaling van den rechten hoek volgt dit *Axioma*.

### V. AXIOMA.

Wanneer een stip  $[A]$  fig. 18.] buiten eene lijn  $[ID]$ , of derzelfver verlenging, gegeven is: zal er onder de menigvuldige lijnen die men uit dat stip  $[A]$  op die lijn  $[ID]$  trekken kan, zeker eene zijn  $[AB]$  die loodrecht op dezelve valt: en insgelijks onder de menigvuldige lijnen  $[BC, BE, \text{fig. 8.)}$  die men uit een gegeven stip  $[B]$

10 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

[B] van eene gegeven lijn [DF] trekken kan, zal er eene [BC] zijn welke op die lijn loodregt staat.

AANMERKING. Dat er uit een stip in eene gegeven lijn maar ééne éénige loodregte op die lijn gerigt kan worden, zal in Voorstel II. Gev. 2. bewezen worden: dat er insgelijks uit een stip buiten eene lijn, maar ééne éénige loodregte op die lijn vallen kan zal bewezen worden in het XI. Voorstel.

II. VOORSTEL. Fig. 9 en 10.

Alle rechte hoeken zijn onderling gelijk.

L. G. I. 1.

VERKLARING. De vraag is hier niet of, wanneer de lijn EB [fig. 10.] loodregt valt op de lijn AI, de hoek ABE gelijk is aan den hoek EBI? en of, wanneer de lijn EB [fig. 9.] loodregt valt op de lijn DF, de hoek DBE gelijk is aan den hoek FBE? want de gelijkheid dier hoeken levert de bepaling op van loodregte lijnen [Bep. 9.]: Maar de vraag is, of de hoek ABE [fig. 10.] welke door de loodlijn BE gevormd en *regt* genoemd wordt, gelijk is aan den hoek EBD [fig. 9.] die door de loodlijn EB gevormd, en ook *rechte hoek* genoemd wordt?

BEWIJS. Men onderstelle dat de fig. 9. op de fig. 10. zoodanig geplaatst worde, dat het stip B op B en de lijn BE op BE valle. Ik zeg dat de lijn DF op de lijn AI vallen zal. Zoo iemand het lochent, onderstelle hij dat de lijn DBF niet op de lijn ABI valle, maar van dezelfde verschillende zij: dan is  $\angle DBE > \angle ABE$ , en derhalve is de gelijke  $\angle EBF$  ook  $> \angle ABE$ : maar  $\angle ABE = \angle EBI$  [Bep. 9.]: gevolglijk  $\angle EBF$  ook  $> \angle EBI$ : dat onwaar is, want hij is kleiner [Bep. VIII, Aanm. 3.], dus is het onwaar dat de lijn DF niet op AI valt: derhalve is het waar dat DF op AI valt: en gevolglijk ook dat  $\angle DBE = \angle ABE$ : en  $\angle EBF = \angle EBI$ .

AANMERKING. EUCLIDES heeft die gelijkheid der rechte hoeken, als eene zaak welke van zelf spreekt, aangenomen: doch PROCLUS heeft, te regt, beweerd, in zijne aanmerkingen op dien Schrijver, dat de zaak bewezen moest worden. Men zie denzelven, zoo als ook CLAVIUS in zijne Aanmerkingen op het 12 Axioma van het I. Boek van EUCLIDES.

I. GEVOLG.

Daar dan de rechte hoeken allen aan elkander gelijk zijn, en dus eene bepaalde en bestendige grootte hebben, le-

levert die hoek eene eigenaartige maat op, welke tot het bepalen der grootte van alle andere hoeken zal kunnen dienen.

## II. GEVOLG.

Uit een stip B van eene rechte lijn DF, kan maar eene loodlijn BC [fig. 8.] opgericht worden.

St. I. 1. Gev. 1.

## III. VOORSTEL. Fig. 8 en 9.

Wanneer eene rechte lijn [BE] op eene andere [DF] invalt, en dezelve in eenig stip [B] snijdt, maakt zij om dat stip, of twee rechte hoeken [DBE en EBF, fig. 9.] of twee hoeken [DBE en EBF, fig. 8.], die, te samen genomen, gelijk zijn aan twee rechte hoeken.

EUCL. I. 13. — St. I. 1. — L. G. I. 2.

BEWIJS. Voor het eerste geval, wanneer de lijn EB [fig. 9.] gelijke hoeken DBE en EBF maakt, blijkt de zaak uit Bep. 9.

In het tweede geval [fig. 8.], wanneer de lijn EB schuins invalt, en dus niet loodrecht staat, maar ongelijke hoeken DBE en EBF maakt, stelle men [Axioma 5.] dat de lijn BC loodrecht zij. Dan wordt het bewijs ontleend uit de beschouwing dat de som der hoeken DBE en EBF gelijk is aan de som der twee rechte hoeken DBC en CBF.

## GEVOLG. Fig. 7.

Alle de hoeken [ABE, EBD, DBF, FBC] welke om een en het zelfde stip [B], en aan den zelfden kant van eenige lijn [AC], door zoo vele lijnen [EB, DB, FB] als men wil gevormd worden, zijn te samen genomen gelijk aan twee rechte hoeken.

L. G. I. 2. Gev. 3.

## IV. VOORSTEL. Fig. 12 en 13.

Indien twee rechte lijnen [AB en BC] eene derde [DB] in het zelfde stip [B] ontmoeten, zoo lanig dat zij met dezelve twee hoeken maken [ABD en DBC] die, te samen genomen, gelijk zijn aan twee rechte hoeken; zullen die twee rechte lijnen [AB, BC] maar eene en de zelfde rechte lijn [AC] uitmaken.

EUCL. I. 14. — St. I. 1. Gev. 3. — L. G. I. 4.

St.

## 12 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

**BEWIJS.** Het wordt afgeleid uit de ongerijmdheid waarin men verjaakt, met het tegendeel te stellen, en te beweren, dat niet  $AB$  de verlenging van  $BC$  is, en met deze maar ééne lijn  $AC$  uitmaakt [fig. 12.], maar dat  $EB$  [fig. 13.], bij voorbeeld, de verlenging van  $BC$  zoude zijn en  $CB$ ,  $BA$  twee lijnen zouden uitmaken. De ongerijmdheid is uit het III. Voorstel blijkbaar.

**AANMERKING.** Dit Voorstel is het *omgekeerde* van het voorgaande. Niet alle Voorstellen kunnen omgekeerd worden, of zijn, gelijk men zich in de redeneerkunde uitdrukt, *omgekeerd* waar. Wij zullen het altijd doen opmerken, wanneer die omkeering plaats heeft.

### V. VOORSTEL. Fig. 3.

Indien twee lijnen  $[AB, CE]$  elkander in een stip  $[D]$  snijten, zullen de tegenoverstaande of *schriks-hoeken* die om dat stip  $[D]$  gevormd worden  $[ADE$  en  $CDB$ ;  $ADC$  en  $EDB]$  aan elkander gelijk zijn: en de vier hoeken zullen, te samen genomen, gelijk zijn aan vier rechte hoeken.

EUCL. I. 15. — St. I. 2. — L. G. I. 5.

**BEWIJS.** Uit Voorstel III..

**AANMERKING.** Het eerste gedeelte van dit Voorstel komt mij voor geen bewijs noodig te hebben, en onder de algemeene kundigheden gesteld te moeten worden; daar  $AD$  en  $DE$ , als zijnde de verlengingen van  $BD$  en  $CD$ , noodwendig de zelfde onderlinge helling hebben, als deze, en dus eenen even grooten hoek maken.

### GEVOLG. Fig. 7.

Alle hoeken, die om één stip gemaakt kunnen worden, door zoo vele rechte lijnen men wil, zijn te samen genomen gelijk aan vier rechte hoeken.

St. I. 2. Gevolg 1. — L. G. I. 5. Scholte.

### VI. VOORSTEL. Fig. 14.

Indien eene rechte lijn  $[CK]$  twee andere rechte lijnen  $[AD$  en  $GE]$  zoodanig mogt komen te snijden [in  $B$  en in  $F]$  dat de uitwendige hoek  $[CBA]$  aan den eenen kant gelijk ware aan den tegenovergestelden inwendigen  $[CFG]$  aan den zelfden kant; zal ook de andere uitwendige hoek  $[GFK]$  aan den zelfden kant gelijk zijn

zijn aan zijnen tegenovergestelden inwendigen  $[ABK]$ : en de uitwendige hoeken  $[CBD]$  en  $[EFK]$  aan den anderen kant zullen ook gelijk zijn aan hunne tegenovergestelde inwendigen  $[CFE]$  en  $[DBK]$  aan dien kant, ieder aan ieder.

BEWIJS: Uit Voorstel III.

**X. BEPALING. Fig. 14.**

Regte lijnen  $[AD, GE]$  worden gezegd aan elkander *parallel* of *evenwijdig*, te zijn, als zij, ten opzichte van eene derde lijn  $[CK]$  die haar snijdt de zelfde helling hebben: d. i. met deze eenen uitwendigen hoek  $[CBA]$  aan eenen kant, gelijk maken aan den tegenovergestelden inwendigen  $[CFG]$  aan den zelfden kant.

**I. AANMERKING.** Het zesde Voorstel toont aan dat het onverschillig is aan welken kant men de hoeken neme die men zegt gelijk te zijn. (t. w. of  $CBA$  en  $CFG$ : of  $GFK$  en  $ABK$ : of  $CBD$  en  $CFE$ : of  $EFK$  en  $DBK$ ).

**I. GEVOLG.**

Wanneer twee, of meer, rechte lijnen onderling evenwijdig zijn, zal de lijn die eene derzelve snijdt, ook (des noods verlengd zijnde) alle de andere, (des noods verlengd) snijden.

**II. AANMERKING.** EUCLIDES heeft wel dit gevolg niet uitdrukkelijk voorgedragen. maar hij gebruikt het, niet te min, stilzwijgend, op verscheide plaatsen: gelijk in de bereiding van het 30 en 31 Voorstel van zijn eerste boek. Zie de aanmerkingen van KÖRNIG op het 27 Voorstel. Misschien echter volgt die stelling niet zoo onmiddellijk uit de bepaling welke EUCLIDES van de evenwijdige lijnen gegeven heeft.

**III. AANMERKING.** Het valt niet gemakkelijk een waar en eenvoudig denkbeeld van evenwijdige lijnen te geven. Daar over zijn, in vroegere en latere dagen, geheele boekdeelen geschreven, die het noodeloos zoude zijn hier aan te halen. Men kan zich vergenoegen met D'ALEMBERT, *Mélanges de Philosophie*, V. Deel, p. 302, gelijk mede TACQUET en CLAVIUS, in hunne verklaringen over de 34ste bepaling des eersten boeks van EUCLIDES te raadplegen. Ik heb die bepaling voorgedragen welke mij voorkomt de eenvoudigste en meest juiste te zijn, en die tevens toelaat, om alle de eigenschappen der evenwijdige lijnen te bewijzen, zonder, gelijk EUCLIDES gedaan heeft, de eigenschappen der driehoeken intereopen.

**IV. AANMERKING.** EUCLIDES geeft (I. B. Bep. 35.) deze bepaling van de evenwijdige lijnen: „het zijn lijnen die, in het zelfde vlak „gelegen, en in het oneindige verlengd, elkander nimmer snijden.”



## 14 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

„den.” Ik twijfel of het denkbeeld van eene verlenging in het oneindige, en van nimmer te snijden, voor een eerst grondbeginsel duidelijk genoeg zij: wij zullen in het Gevolg van het X. Voorstel bewyzen, dat die eigenschap van zich nimmer te snijden, ook uit onze bepaling der evenwijdige lijnen volgt.

L. G. I. Bep. 12.

V. AANMERKING. Anderen geven deze bepaling: evenwijdige lijnen zijn die, welke altijd even ver van elkander afstaan, dat is, die zoodanig zijn, dat alle loodlijnen [BL, CK, DI, fig. 15] tuschen dezelve getrokken, gelijk zijn. Wij zullen in het XIII. Voorstel bewyzen, dat dit ook uit onze bepaling volgt: doch wij behooren te doen opmerken, dat deze bepaling niet door gaat, ten zij men te voren bewezen hebbe, of vooronderstelle, dat de afstand van eenig stip [B] tot eene regte lijn [MG], door de loodlijn [BL] moet gemeten worden.

St. I. Bep. 27.

### II. GEVOLG. Fig. 14.

Eene lijn [GE] en een stip [B] gegeven zijnde, kan men altijd vooronderstellen dat er eenige lijn [BD] door dat stip [B] gaat welke aan de gegeven lijn [GE] evenwijdig is.

BEWIJS. Indien men door het stip B eene lijn CBK naar welgevallen trekt, welke de lijn GE snijdt, en derhalven met haar eenen hoek CFE maakt: zal er onder alle de lijnen welke men uit B trekken kan, noodzakelijk eene zijn, waar mede de lijn CK eenen hoek CBD maken zal gelijk aan den hoek CFE.

Hoe men eene zoodanige evenwijdige lijn trekken kan, is het onderwerp van het VI. werkstuk des eersten boeks: en zal naderhand geleerd worden.

AANMERKING. Op deze onze bepaling steunt de wijze door velen gebruikt, om door middel van twee *linialen* evenwijdige lijnen te trekken: Immers, indien men het liniaal NH [fig. 49.] met den kant NI tegen de lijn legt, waaraan men evenwijdigen trekken wil, en men stelt den kant OH van het liniaal OI, tegen IH: zal het liniaal NH, langs den kant OH zich zoodanig bewegen, dat het daar mede bestendig gelijke hoeken maakt aan den zelfden kant, dat is, zich evenwijdig aan zich zelve beweegt.

### VII. VOORSTEL. Fig. 14.

Wanneer eene regte lijn (CK) twee evenwijdige regte lijnen [AD, GL] snijdt, zijn 1°. de *overhandsche*, of *verwisselende* hoeken [ABF en BFL, of DBF en BFG] onderling gelijk: en 2°. de twee inwendige hoeken, die  
aan

aan den zelfden kant staan [ABF en GFB, of DBF en BFL] zijn te samen genomen gelijk aan twee rechte hoeken.

EUCL. I. 29. — St. I. 12. — L. G. I. 23.

BEWIJS. Voor het eerste uit den aard der evenwijdige lijnen; d. i. uit Bepaling X, bl. 13. en uit Voorstel V.

Voor het tweede, uit Bepaling X, en Voorstel III.

GEVOLG. Fig. 15.

Regte lijnen [BL, CK, DI], welke op de eene [AF] van twee evenwijdige lijnen [AF, MG] loodrecht staan, staan ook loodrecht op de andere [MG].

St. I. 12. Gev. 1.

VIII. VOORSTEL. Fig. 14.

Indien eene rechte lijn [CK] twee andere [AD, GL] zoodanig snijdt, dat de overhandsche hoeken [ABF en BFL of CBD en GFK] onderling gelijk zijn: of dat de som der beide inwendige [ABF en GFB of BFL en FBD] aan den zelfden kant genomen, gelijk is aan twee rechte hoeken; zijn die twee lijnen [AD, GL] evenwijdig.

EUCL. I. 27 en 28. — St. I. 12. Gev. 3.

BEWIJS. Voor het eerste uit de onderstelling, Voorstel V. en Bepaling X.

Voor het tweede, uit de onderstelling, Voorstel III. en bepaling X.

AANMERKING. Dit Voorstel is het omgekeerde van het voorgaande: en het kan ook, gelijk, meestal, voor de omgekeerde voorstellen plaats heeft, uit het ongerijmde bewezen worden: want indien AD niet evenwijdig is aan GL, zal eenige andere lijn HI, door het stip B gaande, evenwijdig aan GL zijn [Bep. X. Gev. 2.], doch dan vervalt men (door Voorstel VII.) in de ongerijmdheid dat  $\angle HBF = \angle ABF$  zoude zijn,

GEVOLG. Fig. 15.

Regte lijnen [BL, CK, DI] welke loodrecht staan op eene en de zelfde lijn [AF] zijn onderling evenwijdig.

IX. VOORSTEL. Fig. 16.

Zoo twee, of meerdere, rechte lijnen [CD, EF] aan  
eene

16 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

eene en de zelfde regte lijn  $[AB]$  evenwijdig zijn, zijn zij onderling evenwijdig.

EUCL. I. 30. — L. G. I. 24.

BEREIDING. Men trekt naar willekeur de lijn  $GL$  die de lijnen  $AB$ ,  $CD$ ,  $EF$ , in  $H$ ,  $I$  en  $K$  snijdt.

BEWIJS. Uit Bepaling X. Gevolg 1.

X. VOORSTEL. Fig. 14.

Indien eene lijn  $[CK]$  twee andere regte lijnen  $[HI]$  en  $GL]$  zoodanig snijdt, dat de beide inwendige hoeken  $[IBF]$  en  $BFL]$  aan den zelfden kant, te samen genomen, kleiner zijn dan twee regte hoeken: zullen 1°. die twee lijnen  $[HI]$  en  $GL]$  niet evenwijdig zijn aan elkander: en 2°. zij zullen, des noods verlengd zijnde, elkander ergens  $[in E]$  naar dien kant, snijden, of ontmoeten.

L. G. I. 22.

BEWIJS. Voor het I. Zoo het onwaar is, dat  $HI$  en  $GL$  niet evenwijdig zijn aan elkander; is het waar dat zij onderling evenwijdig zijn: en derhalven  $[Voorst. VII.]$  dat  $\angle IBF + \angle BFL = 2 L$  dat ongerijmd is, om dat het tegengestelde voorondersteld wordt.

Voor het II. Vermits (door het eerste)  $HI$  niet evenwijdig is aan  $GE$ , gaat er door  $B$  eenige andere lijn  $AD$  die aan  $GE$  evenwijdig is  $[Bep. X. Gev. 2]$ . Dan snijdt  $HI$  de lijn  $AD$ : gevolglijk ook de evenwijdige  $GL$   $[Bep. X. Gev. 1.]$ , dat is  $HI$  en  $GL$  ontmoeten elkander ergens in  $E$ .

AANMERKING. EUCLIDES heeft dit voorstel onder de algemeene kundigheden gesteld: het is namelijk bij hem de elfde: doch het behoort niet tot die klasse: Zie KOENIG op die plaats en op het 27 Voorstel van het I Boek, en TACQUET op het 31. MONTUCLA (*Hist des Mathem.* I. p. 209.) gist, te regt, dat dit *Axioma*, door onnaauwkeurigheid der oude Copisten, uit zijne ware plaats is gerukt, en dat het eene gevolgtrekking geweest is uit het 28 Voorstel. NASSAREDDIN-AL-TUSSI heeft dit *Axioma* in zijne Arabische uitlegging van EUCLIDES, welke te Rome is uitgegeven, bewezen: WALLIS heeft eene Latijnsche vertaling van dat bewijs in zijne *Opera Mathematica*, Vol. II. bl. 667 en 672 geplaatst en er eene andere van zich zelven, mitsgaders vele aanmerkingen op dit onderwerp, bijgevoegd. Men raadplege ook over dat bewijs, en over de leer der evenwijdige lijnen, de Verhandelingen van CASTILLON, in de *Memoires de l'Académie de Berlin*, voor de jaren 1786 en 1788.

I. GEVOLG. Fig. 14.

Evenwijdige lijnen snijden, of ontmoeten, elkander nimmer.

BEWIJS. Zoo neen, laten de lijnen HI, GL, hoewel evenwijdig, zich in E ontmoeten. Dan maakt de lijn HIE met de lijn GLE, in het stip E, eenen hoek HEG: men neme in de lijn HE een stip B, naar welgevallen; dan zal er, onder alle de lijnen welke uit B getrokken kunnen worden, ééne zijn die in B met BE eenen hoek maakt gelijk aan den hoek BEF: zij ABD die lijn, zoo dat  $\angle DBE = \angle BEF$ : dan is [door Voorst. VIII.]  $AD \parallel GE$ : en derhalve  $1^\circ$ .  $\angle DBF + \angle BFE = 2L$ . maar om dat, door de onderstelling,  $HE \parallel GE$ , is [Voorst. VII.]  $2^\circ$ .  $\angle EBF + \angle BFE = 2L$ : derhalve  $3^\circ$ .  $\angle DBF + \angle BFE = \angle EBF + \angle BFE$ : en dus  $\angle DBF = \angle EBF$ , dat valsch is. Het is dus onwaar dat de lijnen HI en GL, zoo zij onderling evenwijdig zijn, zich ergens ontmoeten. Zij ontmoeten zich derhalve nimmer.

AANMERKING. Het blijkt dan dat de bepaling welke EUCLIDES van de evenwijdige lijnen gegeven heeft (X. Bep. Aanm. 4. bl. 13.) een gevolg wordt van de onze.

II. GEVOLG. Fig. 14.

Twee lijnen [AD, GL] die elkander nimmer ontmoeten, of snijden, zijn evenwijdig.

BEWIJS. Zoo neen, d. i. zoo AD niet  $\parallel GL$ , is niet  $\angle DBF + \angle BFL = 2L$  [Voorstel VII.]. maar of  $>$ , of  $< 2L$ . Zoo  $\angle DBF + \angle BFL > 2L$ , is [Voorst III.]  $\angle ABF + \angle BFG < 2L$ , en dernalven zouden (door dit Voorstel) AD en GL zich naar dien kant ontmoeten, dat tegen de onderstelling strijdt, en dus ongerijmd is. Zoo  $\angle DBF + \angle BFL < 2L$ , zouden AD en GL zich naar den kant van L snijden: dat insgelijks tegen de onderstelling strijdt, en dus ongerijmd is.

AANMERKING. Het blijkt dan dat ook onze bepaling uit die van EUCLIDES volgt.

III. GEVOLG. Fig. 14.

Indien uit twee stippen [F en B] van eene en de zelfde lijn BF, twee lijnen [FE en BE] getrokken worden, die el-

B

kan-

kander ergens [in E] ontmoeten, zal de som der beide inwendige hoeken [EFB en FBE] die zij met de gemelde lijn BF maken, kleiner zijn dan twee rechte hoeken.

BEWIJS. Immers zoo die som gelijk aan twee rechte hoeken was, zouden die lijnen evenwijdig zijn [Voorstel VIII]: zoo zij grooter was zouden de lijnen zich aan den anderen kant van BF, en niet in E, ontmoeten: dat tegen de onderstelling strijdt.

AANMERKING. Dit gevolg is het omgekeerde van het voorstel.

# XI. VOORSTEL. Fig. 17.

Indien verscheide rechte lijnen [AB, AC, AD], uit een en het zelfde stip [A] getrokken, op eene rechte lijn [EF] invallen, kan er maar ééne derzelve [stel AB] loodrecht zijn: 2°. de overige zullen, met de gegeven lijn [EF] ten opzichte der loodlijn [AB] des te kleiner scherpe inwendige [ACB en ADB] en des te grooter stompe uitwendige [ACF en ADF] maken; dat de gemelde lijnen zich meer van de loodlijn verwijderen: 3°. de loodlijn is de kortste van alle die lijnen: de overige zijn des te langer dat zij verder van de loodlijn afstaan.

L. G. I. 15, 16.

BEWIJS. Voor het I. Uit Voorstel X Gev. 3. is, zoo  $\angle ABC$  regt,  $\angle ACB$ , of  $\angle ADB$  noodzakelijk kleiner dan regt of [Bepaling IX.] scherp: en dus [uit Voorstel III.]  $\angle ACF$  of  $\angle ADF$  grooter dan regt, of stomp.

Voor het II. Zij  $ID \parallel AC$ : dan is  $\angle IDB = \angle ACB$  [Bep. X.]: derhalve is  $\angle ADB$  die  $<$  is  $\angle IDB$ , ook  $<$   $\angle ACB$ : en gevolgelyk [uit Voorstel III.]  $\angle ADF > \angle ACF$ .

Voor het III: BEREIDING. Zij  $CG \perp$  op  $AC$  en  $CH \perp$  op  $AD$ : dan zal, om dat  $\angle ACB$  scherp is [uit het I.] en  $\angle ACG = L$ , de lijn  $CG$  onder  $CB$  vallen, en dus  $AB$  verlengd ontmoeten: en om dat  $\angle ACD$  stomp is, en dus  $>$   $\angle ACH$  die regt is, zal  $CH$  op  $AD$  tusfchen A en D vallen.

BEWIJS.  $AC$  is of  $= AB$ , of  $< AB$ , of  $> AB$ , zoo  $AC = AB$ , is om de zelfde reden  $AG = AC$ : en dus  $AG = AB$ : dat valsch is. Zoo  $AC < AB$ , is, om de zelfde reden,  $AG < AC$  en dus  $AG < AB$ : dat valsch is. Daar dan  $AC$  noch  $= AB$ , noch  $< AB$ , is  $AC > AB$ . Dan is ook  $AH > AC$ , en dus  $AD > AC$ .

I.

I. GEVOLG. Fig. 17.

De loodlijn  $[AB]$  uit eenig stip  $[A]$  op eene lijn  $[EF]$  nedergelaten, is de eigenaartige maat des afstands van dat stip tot die lijn.

St. I. Bep. 26.

Immers de kleinste zijnde van alle de lijnen die nedergelaten worden, heeft zij eene bepaalde grootte, en dus het vereischte om tot maat te dienen: daar alle de andere lijnen grooter of kleiner zijn, naar mate van de hoeken onder welke zij invallen.

II. GEVOLG. Fig. 18.

Er kunnen uit eenig stip  $[A]$  op eene lijn  $EF$  aan den zelfden kant van de loodlijn geen twee lijnen getrokken worden die aan elkander gelijk zijn: maar wel twee  $[AC]$  en  $[AI]$  gelijke, waar van de eene aan den eenen de andere aan den anderen kant van de loodlijn valt; deze maken gelijke hoeken  $[IAB]$  en  $[CAB]$  met de loodlijn, en ook gelijke hoeken  $[AIB]$  en  $[ACB]$  met de lijn waarop zij vallen.

BEWIJS. Indien men uit  $A$  met den *radius*  $AC$  eenen cirkelboog trekt, die de lijn  $EF$  in  $I$  snijdt, en dan de lijn  $AI$  trekt, is  $AI = AC$ .

Indien men zich verbeeldt de lijn  $BC$  op te rillen, en langs  $BI$  te leggen, blijvende  $B$  in  $B$ , en  $BA$  op  $BA$  vallen, zal het stip  $C$  op  $I$  vallen: want viel het tuschen  $I$  en  $B$ , zoude de lijn  $AC$  korter, en zoo voorbij  $I$  zoude zij langer zijn dan  $AI$ , (door dit Voorstel) daar echter  $AC = AI$  [Ber.]. Zoo nu  $C$  op  $I$  valt, is  $BI = BC$ ; en valt  $AC$  op  $AI$ , dan is  $\angle IAB = \angle CAB$  en  $\angle AIB = \angle ACB$ .

I. AANMERKING. Men is nu in staat om het 3 en 4 werkstuk van het I. Boek op te lossen.

II. AANMERKING. De drie leden van dit Voorstel, en deszelfs twee gevolgen, kunnen ook uit de leer der driehoeken bewezen worden, en worden het doorgaans: men zie hier onder Voorstel XVII. de Aanmerking, en Voorstel XXVII. Gev. 4. Aanmerking 3, welke uit andere gronden, dan dit Voorstel, bewezen worden.

XII. VOORSTEL. Fig. 19.

Indien twee rechte lijnen  $[AC, AB]$  elkander in eenig stip  $[A]$  ontmoeten of snijden: staan de verschillende stippen  $[H, F, D, C]$  van de eene lijn  $[AC]$  des te verder  
B 2 van

van de andere lijn  $[AB]$  af, dat zij meerder van het stip van ontmoeting  $[A]$  verwijderd zijn.

CLAVIUS OP EUCLIDES I. 28. — Vergelijk I. G. I. 20.

UITLEGGING. Daar wij nu weten [Voorstel XI. Gev. 1.] dat de afstand van een stip tot eene lijn door de loodlijn uit dat stip op de gemelde lijn nedervallende gemeten wordt, moet men bewijzen dat die loodlijnen (stel  $HI$ ,  $FG$ ,  $DE$ ,  $CB$ ) grooter en grooter worden naar mate de stippen  $H$ ,  $F$ ,  $D$ ,  $C$  verder van  $A$  afstaan.

BEWIJS. Zoo dit Voorstel al niet a's *Axioma* mag beschouwd worden; zij  $HI$  eene  $\perp$  op  $AB$ , en  $HG$  eene  $\perp$  op  $AC$ , en  $GF$   $\perp$  op  $AB$ , en  $FE$   $\perp$  op  $AC$  en  $ED$   $\perp$  op  $AB$ , en  $DB$   $\perp$  op  $AC$  en  $BC$   $\perp$  op  $AB$ : dan is door Voorstel XI. N°. 3.:  $BC > DB > DE > FE > FG > HG > IH$ .

### XIII. VOORSTEL. Fig. 15.

Twée regte lijnen die onderling evenwijdig zijn,  $[AF, MG]$  staan altijd op den zelfden afstand van elkander: *dat is*, de loodlijnen [stel  $BL$ ,  $CK$ ,  $DI$ ] tusfchen en op dezelve getogen, zijn onderling gelijk.

L. G. I. 25.

UITLEGGING. De reden van de woorden *dat is* ligt in het 1. Gevolg van het XL Voorstel.

BEWIJS. Indien de  $\perp$   $BL$  en  $CK$  niet gelijk aan elkander zijn, zij eene derzelve bijv.  $CK$  grooter dan  $BL$ ; zij dan het stuk  $KO = BL$ . Men trekke door  $B$  en  $O$  de lijn  $BO$ . Om dat  $BO$  binnen den  $\angle LBC$  valt die regt is, is  $\angle LBO < L$  en dus  $\angle BLQ + \angle LBO < 2L$ : en derhalve ontmoet de lijn  $BO$  verlengd de lijn  $MG$  ergens in  $Q$  [door  $X$ .]: derhalven moet  $OK < LB$  zijn [Voorst. XII.] dat strijdt met de onderstelling dat  $OK = LB$ , en dus onmogelijk is: het is dan onwaar dat  $CK < BL$ : en dus is  $CK = BL$ .

I. AANMERKING. Men kan thans de 2 oplossing verrigten van het 6 werkstuk des eersten boeks.

II. AANMERKING. De benaming *evenwijdige lijnen*, verwekt in onze taal terstond het denkbeeld van lijnen die altijd *even wijd*, of *even ver* van elkander staan: dit denkbeeld is nu strikt bewezen: hoewel het misfchien, ingewikkeld, reeds

reeds befloten lag in het denkbeeld van *zich nimmer te ontmoeten*.

III. AANMERKING. Het blijkt dat uit onzen trant van de evenwijdige lijnen te beschouwen, ook die eigenschap volgt, welke sommigen als eene bepaling van evenwijdige lijnen gegeven hebben. Zie Aanmerking V. op Bepaling X.

**XIV. VOORSTEL. Fig. 15.**

Indien er op eene rechte lijn [MG] twee gelijke loodlijnen [LB, CK] staan, en men door derzelver uiteinden [B, C] eene rechte lijn AF trekt: zal die lijn aan de eerstgemelde [MG] evenwijdig zijn.

L. G. I. 19.

BEWIJS. Zoo neen: zij eene andere lijn BO aan MG evenwijdig: dan is [Voorstel XIII.]  $BL = KO$ : en dus  $KO = CK$ , dat ongerijmd is. Gevolgelyk is niet BO, maar wel BF, aan MG evenwijdig.

AANMERKING. Dit voorstel is het omgekeerde van het voorgaande.

**ALGEMEENE AANMERKING over de leer der evenwijdige lijnen.**

Wij hebben alle de eigenschappen der evenwijdige lijnen uit de bepaling zelve afgeleid, en zonder eenige hulp van de leer der driehoeken. Sommigen, en onder dezen CASTILLON, beweren dat EUCLIDES die eigenschappen ook uit zijne bepaling afgeleid heeft: maar is het wel in de daad zoo? Dan immers zoude het eerste Voorstel (het XXVII.) waarin hij van evenwijdige lijnen handelt, zoodanig moeten geweest zijn, dat het *zich nimmer ontmoeten* van rechte lijnen, die evenwijdige genoemd worden, tot grondlaggelegd zijnde, daaruit de gelijkheid der overhandsche hoeken afgeleid geworden ware: het zoude bijv aldus hebben moeten luiden: „Wanneer twee rechte lijnen, die *zich nimmer ontmoeten*, door „eene derde gesneden worden, zal deze gelijke overhandsche „hoeken maken;” als dan zoude die eigenschap der evenwijdige lijnen uit de bepaling zelve afgeleid geworden zijn. Maar zijn XXVII. Voorstel is juist het omgekeerde hiervan: te weten „Indien „eene rechte lijn, eene andere snijdende, de overhandsche hoeken „gelijk maakt, zullen die lijnen evenwijdig zijn:” d. i. zij zullen elkander nimmer ontmoeten: zoo dat het *zich niet ontmoeten* hier niet als *grondbeginsel*, maar als *besluit* uit de gelijkheid der overhandsche hoeken voorkomt. In het volgende XXVIII. Voorstel wordt *het evenwijdig zijn* uit de gelijkheid der hoeken aan den zelfden kant, (d. i. in de daad uit onze bepaling) afgeleid, maar met behulp van het voorgaande XXVII.

Wel is waar dat het XXIX. Voorstel het omgekeerde is van het XXVII. en, schijnbaar, zonder behulp der voorgaande XXVIII. of XXVII. Voorstellen bewezen wordt: zoo dat EUCLIDES het zelve wóór deze zoude hebben kunnen stellen; maar dat is zoo slechts in schijn: want in het bewijs gebruikt EUCLIDES zijn XI. *Axioma*, dat



## 22 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der Figuren.

dat is ons X. Voorstel (zie de aanmerking op dat Voorstel) het welk ver af is van een *Axioma* te zijn: en, indien men het, de bepaling van EUCLIDES aangenomen zijnde, bewijzen zal, kan het niet geschieden dan door zijn XXVII. Voorstel, waarvan het een gevolg is. Zie KOENIG in zijne Aanmerkingen op dat Voorstel.

EUCLIDES schijnt, wel is waar, aldus geredeneerd te hebben: twee rechte lijnen zijn onderling zoodanig gesteld dat zij zich ergens ontmoeten, en dus eenen hoek met elkander maken, of zich nimmer ontmoeten, als wanneer zij evenwijdige genoemd worden: maar ik twijfel of het denkbeeld van zich *nimmer te ontmoeten* duidelijk genoeg zij om er een grondbeginsel van te maken: en wij hebben gezien hoe EUCLIDES dit ontloken heeft met de gelijkheid der overhandsche hoeken in plaats te stellen.

---

## II. A F D E E L I N G.

### OVER DE ZIJDEN EN HOEKEN VAN DRIEHOEKEN EN PARALLELOGRAMMEN.

#### XI. BEPALING.

Men noemt *Figuur* eene ruimte die tusschen rechte, of kromme, lijnen begrepen, en door dezelve besloten is.

EUCL. I. Bep. 14. — St. I. Bep. 18. — L. G. I. Bep. 13.

#### GEVOLG.

Twee rechte lijnen kunnen nimmer eene figuur uitmaken: er worden daartoe ten minsten drie lijnen vereischt.

EUCL. I. *Axioma* 12.

AANMERKING. Wij herhalen nogmaals, het geen reeds hier boven gezegd is [Bep. VII. Aanm. 3.] dat iedere figuur altijd voorondersteld wordt op een *vlak* geteekend te zijn: zoo dat alle hare deelen in het zelfde vlak liggen.

#### XII. BEPALING.

Wanneer eene figuur alleen door rechte lijnen gevormd en besloten wordt, draagt zij den naam van *regtlijnige figuur*.

EUCL. I. Bep. 20. — St. I. Bep. 18. — L. G. I. Bep. 13.

AANMERKING. De *cirkel*, (zie Bep. V. bl. 4.) is geen lijn maar eene figuur, want dezelve wordt door den omtrek geheel besloten en bepaald. De cirkel is de eenige kromlijnige figuur die men in de zoogenoemde *elementaire Meetkunde* beschouwt.

## XIII.

XIII. BEPALING.

Aan de *regtlijnige* figuren worden de namen van *driezijdige*, of *driehoeken*; van *vierzijdige* of *vierhoeken*; van *vijfzijdige* of *vijfhoeken* enz. gegeven; naar mate van het getal van zijden, en dus ook van hoeken, waaruit zij bestaan. Men begrijpt echter, meestal, onder den naam van *veelhoeken* alle de regtlijnige figuren welke door meer dan vier zijden gevormd worden.

EUCL. I. Bep. 21, 22, 23. — L. G. I. Bep. 14.

XIV. BEPALING. Fig. 20.

Wanneer men in den driehoek  $[ABC]$  eene der zijden, om het even welke,  $[AC]$  als *grondlijn*, of *basis*, aanneemt, wordt de hoek  $[B]$ , over die grondlijn  $[AC]$  staande, de *tophoek*, en deszelfs kruin  $[B]$  *top* of *toppunt* van den driehoek genoemd. De twee zijden  $[BA, BC]$  welke den tophoek vormen, dragen dan den naam van *benen* des driehoeks.

XV. BEPALING. Fig. 20, 34, 21.

Een driehoek  $[ABC]$ , fig. 20.] wordt *gelijkzijdig* genoemd, wanneer de drie lijnen, of *zijden*  $[AB, BC, AC]$  uit welke hij bestaat gelijk aan elkander zijn. Hij wordt *gelijkbeenig* genoemd [fig. 34.], indien twee zijden  $[AB, BC]$  aan elkander gelijk zijn; en *ongelijkzijdig* [fig. 21.] wanneer de drie zijden  $[AC, AB, BC]$  ongelijk zijn.

EUCL. I. Bep. 24, 25, 26. — St. I. Bep. 19, 20, 21, 22. — L. G. I. Bep. 15.

GEVOLG. Fig. 20.

Alle gelijkzijdige driehoeken zijn ook gelijkbeenig.

I. AANMERKING. Hoe men eenen *gelijkzijdigen*, of eenen *gelijkbeenigen*, driehoek moet vervaardigen, wordt in het II. en III. Werkstuk van het II. Boek der werkstukken getoond, en men is daartoe door het IV. *Axioma* (bl. 5.) reeds in staat gesteld.

II. AANMERKING. Men kan ook reeds nu eenen ongelijkzijdigen driehoek  $CAB$  [fig. 21.] maken; maar om zulks in alle gevallen te doen, moet men zoodanigen driehoek uit drie gegeven lijnen, die onderling ongelijk zijn, kunnen daar-

24 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

stellen: dit is het onderwerp van het I. Werkstuk des II. Boeks: doch daartoe wordt vereischt dat men het XIX. Voorstel kenne.

XV. VOORSTEL. Fig. 21.

In alle driehoeken  $[ABC]$  is 1°. de uitwendige hoek  $[BCE]$  die eene der zijden  $[BC]$  met de verlenging van de aangrenzende zijde  $[AC]$  maakt, gelijk aan beide de overstaande inwendige hoeken te samen genomen  $[A + B]$ : en 2°. de drie hoeken van een driehoek zijn, te samen genomen,  $[2A + 2B + 2C]$ , gelijk aan twee rechte hoeken.

EUCL. I. 32. — St. I. 13. — L. G. I. 27.

BEREIDING. Voor het I. gedeelte: Daar  $AB$  en  $CB$  elkander ontmoeten, en dus [Voorst. X. Gev. 1.]  $CB$  niet evenwijdig is aan  $AB$ , stelt men dat eene andere lijn  $CD$  aan  $AB$  evenwijdig is.

BEWIJS. Voor het I. uit Bep. X. en Voorst. VII.  
Voor het II. uit het eerste en uit Voorst. III.

I. GEVOLG.

In alle driehoeken  $[ABC]$  is de uitwendige hoek  $[BCE]$  door eene der zijden  $[BC]$  met de verlenging der aangrenzende zijde  $[AC]$  gemaakt, grooter dan eene der overstaande inwendige hoeken  $[A$  of  $B]$ .

EUCL. I. 16. — St. I. 13. Gev. 2.

II. GEVOLG. Fig. 30.

Wanneer in eenen driehoek  $[ABD]$  de som van twee hoeken  $[A$  en  $B]$  gelijk is aan de som van twee hoeken  $[FEI$  en  $F]$  in eenen anderen driehoek  $[EFI]$ , zal de derde hoek  $[D]$  van den eerstgemelden gelijk zijn aan den derden hoek  $[EIF]$  van den laatstgemelden: en omgekeerd: zoo eene hoek  $[B]$  van den eenen gelijk is aan eenen hoek  $[F]$  van den anderen, is de som der twee overige hoeken in den eerstgemelden driehoek gelijk aan de som der twee overige in den laatstgemelden.

St. I. 13. Gev. 1. — L. G. I. 27. Gev. 2.

III. GEVOLG. Fig. 22.

Indien in eenen driehoek  $[ABC]$  een der hoeken  $[B]$   
regt

## II. Afdeeling: Over de zijden der driehoeken. 25

regt is; zijn de twee andere hoeken  $[BAC]$  en  $[ACB]$  te samen genomen gelijk aan éénen regten hoek.

St. I. 13. Gev. 4. — L. G. I. 27. Gev. 4.

### IV. GEVOLG.

Een driehoek kan niet meer dan éénen regten of éénen stompen hoek hebben: in zoodanig geval zijn de beide overige, scherpe hoeken.

St. I. 13. Gev. 3.

### XVI. BEPALING.

Men noemt *regthoekigen driehoek*, eenen driehoek  $[ABC]$ , fig. 22.] waarin één hoek regt is. Als dan wordt de zijde  $[AC]$  over den regten hoek, *schuinsche zijde*, of *span-zijde*, of *hypothenus* genoemd: de beide overige  $[AB]$  en  $[BC]$  die den regten hoek  $[B]$  bevatten, dragen den naam van *regthoeks-zijden*, of *Catethae*.

Men noemt *stomp- of plomp-hoekigen driehoek*  $[ACD]$ , fig. 22.] eenen driehoek waarin een der hoeken  $[ACD]$ , *stomp*, of *plomp* is: de zijde  $[AD]$  over den stompen hoek wordt dan ook *schuinsche- of span zijde* genoemd.

Wanneer in eenen driehoek  $[CAB]$ , fig. 20.] alle de hoeken scherp zijn: wordt dezelve *scherphoekige driehoek* genoemd.

EUCL. I. Bep. 27, 28, 29. — St. I. Bep. 23, 24, 25. — L. G. I. Bep. 16.

### XVI. VOORSTEL. Fig. 22 en 23.

Indien er uit den top  $[A]$  van een driehoek eene loodlijn  $[AB]$  op de grondlijn valt; zal die loodlijn met de regthoekszijde overeenkomen, indien de driehoek  $[BAC]$ , fig. 22.) op de grondlijn regthoekig is: buiten den driehoek  $[CAD]$ , fig. 22.] vallen zoo de driehoek op de grondlijn  $[CD]$ , stomphoekig is, en wel aan den kant van den stompen hoek  $[ACD]$ : en binnen den driehoek  $[CAD]$ , fig. 23.] indien beide de hoeken op de grondlijn  $[CD]$  scherp zijn.

BEWIJS. Uit het ongerijmde door Voorstel XI.

**XVII. VOORSTEL.** Fig. 22 en 23.

In alle driehoeken staat de grootste zijde over den grootsten hoek.

EUCL. I. 19. — L. G. I. 14.

**BEWIJS.** Indien  $\triangle BAC$  [fig. 22] regthoekig, volgt uit Voorstel XI dat  $AC > AB$ : Indien  $\triangle CAD$  [fig. 22.] stomphoekig is: zij  $AB \perp$  op  $CD$ : dan is [door XI]  $AC > AB$ :  $AD > AC$ . Indien  $\triangle CAD$  [fig. 23.] scherp-hoekig en  $\angle ACD > \angle ADC$ : zij  $AB \perp$  op  $CD$ : en  $AE = AC$ . Om dat in  $\triangle ABD$ ,  $\angle ABD = L$ : en insgelijks in  $\triangle CAB$ ,  $\angle CBA = L$ : is [Voorst. XV. Gev. 2.]  $\angle BAD + \angle ADB = \angle ACB + \angle BAC$ : Maar  $\angle ACB > \angle ADB$  (onderst.) derhalve  $\angle BAC < \angle BAD$ ; maar [Voorst. XI. Gev. 2]  $\angle BAE = \angle BAC$  dus  $\angle BAE < \angle BAD$ ; derhalve valt het stip E tusschen B en D: gevolglijk [Voorst. XI]  $AD > AE$  of  $AC$ .

**AANMERKING.** Uit dit Voorstel, doch uit andere gronden bewezen, wordt doorgaans afgeleid het geen wij in ons XI. Voorstel, en in deszelfs twee gevolgen, bewezen hebben.

**XVIII. VOORSTEL.** Fig. 22 en 23.

In alle driehoeken staat de grootste hoek over de grootste zijde.

EUCL. I. 18. — St. I. 14. — L. G. I. 14.

**BEWIJS.** Zij de zijde  $AD$  groter dan  $AC$ : en  $AB$  de  $\perp$  uit het stip A op  $CD$  (zoo noodig verlengd): dan wordt door het ongerijmde uit Voorst. XVII. bewezen, dat  $\angle ACD$  niet kleiner zijn kan dan  $\angle ADC$ : en uit Voorst. XV. Gev. 2. dat  $\angle ACD$  niet gelijk kan zijn aan  $\angle ADC$ .

**AANMERKING.** Dit voorstel, het omgekeerde van het voorgaande, wordt meest regtstreeks bewezen: doch dan moet het voorstel dat bij ons het XXVII. is voorafgaan.

**XIX. VOORSTEL.** Fig. 22 en 23.

In alle driehoeken zijn twee zijden te samen genomen groter dan de derde.

EUCL. I. 20. — St. I. 15. — L. G. I. 8.

**BEREIDING.** Zij  $CH \perp$  op  $AD$ .

**BEWIJS.** Uit Voorst. XI. eerst in  $\triangle ACH$  op de zijden  $AC$

AC en AH, en dan nog in eens in  $\triangle CHD$  op de zijden DC en DH toegepast.

I. AANMERKING. Men kan thans het I. Werkstuk uit het II. Boek oplossen.

II. AANMERKING. Indien men als bepaling van de regte lijn aanneemt, dat zij de kortste is tusſchen twee ſtippen, is dit Voorſtel een *Axioma*: Zie Aanmerking I. op Bepaling III.

## XX. VOORSTEL. Fig. 24.

Indien men uit de twee uiteinden [A en C] van eene zijde [AC] eens driehoeks [ABC] twee lijnen [AD, CD] trekt naar een ſtip [D] binnen den driehoek gelegen: zullen die twee lijnen te ſamen genomen [AD + CD] kleiner zijn dan de twee overige zijden des driehoeks, ook te ſamen genomen [AB + CB]: maar zij zullen eenen grooteren hoek [ADC] bevatten.

EUCL. I. 21. — St. 16. — L. G. I. 9.

BEREIDING. Men verlange AD tot in E.

BEWIJS. Voor het I. uit Voorſt. XIX. op de  $\triangle ABE$  en DEC toegepast:

Voor het II. uit Voorſt. XV. Gev. 1.

AANMERKING. Het blijkt dat het zelfde zoude plaats hebben al viel het ſtip D op eene der zijden AB of BC.

## XXI. VOORSTEL. Fig. 25.

Wanneer twee driehoeken [BAC en GAC] zoodanig geſteld zijn, dat een der hoeken [A] van den eerſten gelijk is aan een der hoeken [A] van den anderen, en dat beide beenen [AB, AC] van den gemelden hoek [A] in den eerſten driehoek onderling gelijk zijn aan de beide beenen [GA, CA] van den gemelden hoek in den anderen driehoek, (namelijk BA gelijk aan GA, AC gelijk aan AC); zal 1°. de derde zijde [BC] gelijk zijn aan de derde zijde [GC]; en 2°. de hoeken die in de beide driehoeken over gelijke zijde ſtaan, zullen ook gelijk zijn (namelijk B aan G, ACB aan ACG).

EUCL. I. 4. — St. I. 3. — L. G. I. 6.

BEWIJS. Men vooronderſtelt dat men den driehoek GAC, bij voorbeeld, zoodanig op den driehoek BAC plaats, dat de kruinen A en A, zoo als ook dat de zijden AC en AC,

28 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

AC, AG en AB op elkander komen [I. Bep. Aann. 3.], en men besluit dan, dat alle de overige deelen ook overeenkomen, en dus gelijk zijn.

GEVOLG.

De ruimten welke door beide de driehoeken bevat worden zijn ook gelijk: en derhalven zijn deze driehoeken *in alle opzigten* gelijk.

I. AANMERKING. Men kan dit gevolg niet omkeeren, en zeggen: dat alle de driehoeken waarin de ruimten door de zijden bevat, gelijk zijn, ook gelijke hoeken, en gelijke zijden bezitten: wij zullen in het II. Boek bewijzen, dat vele driehoeken gelijk zijn, wat den inhoud, of de ruimte die zij bevatten, betreft, zonder dat er gelijkheid van hoeken of zijden plaats heeft; dat is, zonder dat zij in alle opzigten gelijk zijn.

II. AANMERKING. De onderstellingen, in welke dit Voorstel plaats heeft, zijn 1°. de onderlinge gelijkheid van twee zijden in beide de driehoeken, ieder aan ieder: en dan 2°. de gelijkheid, niet van twee hoeken *in het algemeen*, een in iederen driehoek, maar juist van die hoeken, welke tuschen de gelijke zijden begrepen zijn. Hierop moet men behoorlijk letten. Indien men de gelijkheid onderstelde niet van den hoek *tuschen* de gelijke zijden begrepen, maar van een der hoeken, die in iederen driehoek *over* eene der gelijke zijden staat; dan zoude het besluit niet algemeen zijn, maar alleen voor de regthoekige driehoeken in het algemeen, en voor de overige in een bijzonder geval plaats hebben; welke beide stukken het onderwerp zijn van ons XXV. Voorstel.

XXII. VOORSTEL. Fig. 25.

Wanneer twee driehoeken [ABC en AGC] zoodanig gesteld zijn, dat eene zijde [AC] van den eenen gelijk is aan eene zijde [AC] van den anderen: en dat twee hoeken van den eenen gelijk zijn aan twee hoeken van den anderen, ieder aan ieder, (bij voorb.  $\angle BAC = \angle GAC$ ,  $\angle ACB = \angle GCA$ ) zal 1°. de derde hoek B gelijk zijn aan den derden hoek G; 2°. zullen de overige zijden ook aan elkander gelijk zijn, die namelijk, welke tegen over gelijke hoeken staan, (dat is  $AB = AG$ ,  $BC = GC$ ).

EVEL. I. 26. — St. I. 21. — L. G. I. 7.

BEWIJS. Voor het eerste gedeelte uit het XV. Voorstel, *Gev. 2.*

Voor het tweede gedeelte, door te onderstellen dat de zijde  $AC$  van  $\triangle GAC$  op de zijde  $AC$  des  $\triangle BAC$  gesteld wordt; en te toonen dat als dan, om dat  $\angle GAC = \angle BAC$ ,  $AG$  langs  $AB$  valt: en dat vermits  $\angle ACG = \angle ACB$ , ook  $CG$  langs  $CB$  vallen, en  $AG = AB$  zijn moet: want dat, indien dit niet ware, en  $G$  gesteld wierdt op  $I$  te vallen: als dan, trekkende  $CI$ ,  $\triangle IAC = \triangle BAC$  zoude zijn (Voorstel XXI.) en derhalve  $\angle ACI = \angle ACG = \angle ACB$  dat ongerijmd is. Gevolgelyk valt  $G$  op  $B$ : en is  $AG = AB$ ,  $CG = CB$ .

GEVOLG.

De driehoeken  $ABC$  en  $ACG$  bevatten ook gelijke ruimten, en zijn dus *in alle opzigten* gelijk.

XXIII. VOORSTEL. Fig. 26, 27 en 28.

Wanneer in twee driehoeken  $CAB$ ,  $CAG$ , twee zijden van den eenen  $[AC, AB]$  onderling gelijk zijn aan twee zijden  $[AC, AG]$  van den anderen, doch eenen grooteren hoek  $[CAB]$  bevatten: zal ook de derde zijde  $[BC]$  van den eerstgemelden driehoek  $[CAB]$  grooter zijn dan de derde zijde  $[CG]$  van den anderen driehoek  $[CAG]$ .

EUCL. I. 24. — St. I. 20. — L. G. I. 10.

BEREIDING. Men stelde dat de kruin  $A$  van den  $\triangle GAC$  valle op de kruin  $A$  van den  $\triangle BAC$ , en  $AC$  langs en op  $AC$ : dan zal  $AG$  binnen den hoek  $CAB$  vallen [*Bep. VIII. Aanm. 3. bl. 7.*]: en het uiteinde  $G$  der zijde  $AG$  zal vallen, of op  $BC$  fig. 26, of onder  $BC$  fig. 27, of boven  $BC$  fig. 28.

BEWIJS. Voor het I. Fig. 26. Klaarblijkelijk.

Voor het II. Fig. 27. Uit Voorstel XIX. is in  $\triangle GIC$ ,  $GC < GI + IC$ : in  $\triangle IAB$  is  $AB < BI + IA$ : derhalve  $GC + AB < GI + IC + BI + IA$ : dat is  $GC + AB < AG + BC$ , waaruit, om dat  $AG = AB$  het voorstel volgt, t. w.  $GC < BC$ .

Voor het III. Fig. 28. Uit Voorstel XX.

AANMERKING. Het omgekeerde van dit Voorstel: dat  
„ 200



30 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

„ zoo de zijden  $AB$  en  $AC$  van den  $\Delta BAC$ , gelijk zijn  
 „ aan de zijden  $AG$  en  $AC$  van den  $\Delta GAC$ , ieder aan  
 „ ieder, maar de grondlijn  $BC$  grooter is dan de grondlijn  
 „  $GC$ : als dan de hoek  $BAC$  grooter is dan de hoek  
 „  $GAC$ ,” wordt gemakkelijk uit dit Voorstel door het  
 ongerijmde afgeleid.

EUCL. I. 25. — St. I, 20. Gev. — L. G. I. 10. Schol.

XXIV. VOORSTEL. Fig. 29 en 30.

Indien twee zijden  $[AB, BD]$  van een driehoek  $[ABD]$  eenen hoek  $[ABD]$  bevatten die gelijk is aan den hoek  $[EFG]$  in een anderen driehoek  $[EFG]$  begrepen door twee zijden  $[EF, FG]$ , waarvan de eene  $[EF]$  gelijk is aan eene der zijden  $[AB]$  van den eersten driehoek  $[ABD]$ , doch de tweede  $[FG]$  langer is dan de tweede  $[BD]$ ; zal de grondlijn  $[EG]$  van dien tweeden driehoek altijd grooter zijn dan de grondlijn  $[AD]$  van den eersten driehoek, zoo in dezen de hoek  $[D]$  welke op de grondlijn tegen over de gelijke zijde  $[AB]$  staat, of regt of scherp is: doch zoo die hoek stomp is, zal de grondlijn  $[EG]$  van den tweeden driehoek zoo wel kleiner als grooter kunnen zijn dan die  $[AD]$  van den eersten, of ook gelijk aan de zelve.

BEREIDING. Neem  $FI = BD$ , trek  $EI$ , welke dan gelijk is aan  $AD$  (Voorst. XXI.), gelijk mede  $\angle EIF = \angle ADB$ .

BEWIJS. Voor het I. Fig. 29. Zoo  $\angle ADB$  regt of scherp, is  $\angle EIF$  ook regt of scherp: dus  $\angle EIG$  regt of stomp, en derhalven  $> \angle EGI$ : en dus (Voorstel XVI.)  $EG > EI$  of  $AD$ .

Voor het II. Fig. 30. Zoo  $\angle ADB$  en dus  $\angle EIF$  stomp, is  $\angle EIG$  scherp, en kan derhalve zijn of  $>$  of  $=$  of  $< \angle EGF$ , en dus ook  $EG > = < EI$ , of  $AD$ .

XXV. VOORSTEL. Fig. 31 en 32.

Indien twee zijden  $[AB, AC]$  eens driehoeks  $[ABC]$  gelijk zijn aan twee zijden  $[GA, AC]$  van een anderen driehoek  $[AGC]$  ieder aan ieder, en boven dien een hoek,  $[ACB]$  doch die niet tusfchen de gegeven zijden gelegen is, maar tegen over eene derzelve  $[AB]$  staat, gelijk is aan den hoek  $[ACG]$  die in den anderen driehoek tegen over

## II. Afdeling: Over de zijden der driehoeken. 31

over de gelijke zijde  $[AG]$  is: zullen die twee driehoeken in alle opzigten gelijk zijn, indien de hoeken  $[ABC, AGC]$  welke over de tweede der gelijke zijden  $[AC]$  en  $[AC]$  staan, beide regt, of beide stomp, of beide scherp zijn.

BEWIJS. Indien men den top  $A$  van den  $\triangle CAG$  op den top  $A$  van den  $\triangle CAB$  stelt, en  $AC$  op  $AC$  legt, zal  $C$  op  $C$  vallen, en, om de gelijkheid der hoeken,  $CG$  langs  $CB$ . Ik zeg dat  $G$  op  $B$  zal vallen. Dit spreekt van zelfs indien de hoeken  $ABC$  en  $AGC$  regt zijn, en dus de lijnen  $AB$  en  $AG$  loodregt vallen. Maar zoo de hoeken niet regt zijn, zal ook het stip  $G$  op het stip  $B$  vallen: want zoo neen, zij  $AI$   $\perp$  op  $CB$ , en valle het stip  $G$  wel op de lijn  $CB$ , maar of tuschen  $C$  en  $B$ , of voorbij  $B$ . Om dat de hoeken  $AGC$  en  $ABC$  of beide scherp, of beide stomp zijn: zullen de stippen  $G$  en  $B$  op  $CB$  beide aan den zelfden kant van de loodlijn vallen [XVI]. Maar om dat  $AG = AB$ , zouden er dan twee gelijke lijnen aan den zelfden kant van de loodlijn staan: dat [XI. Gev. 2.] onmogelijk is. Dus valt  $G$  op  $B$ ; waaruit al het overige volgt.

### GEVOLG.

Alle stomphoekige en alle regthoekige driehoeken waarin twee zijden om eenen der scherpe hoeken gelijk zijn aan elkander, zijn in alle opzigten gelijk.

St. I. II. Voor de regthoekige driehoeken. — L. G. I. II.

I. AANMERKING. Het onderscheid der gevallen ontstaat hier uit; dat er uit het stip  $A$  [fig. 31.] altijd twee gelijke lijnen  $Ag$ ,  $AG$  getrokken kunnen worden, doch die aan verschillende kanten van de loodlijn zullen vallen: waardoor de twee driehoeken  $CAG$  en  $CAG$  zeer verschillende zijn hoewel  $AC = AC$ ,  $Ag = AG = AB$ , en  $\angle ACB = \angle ACG = \angle ACG$ .

II. AANMERKING. Sommigen drukken dit Voorstel aldus uit:  
 „ Indien in twee driehoeken  $ABC$  en  $GAC$  twee zijden  $AC$  en  $AB$  van den eenen gelijk zijn aan twee zijden van den anderen  $[AC]$  en  $[AG]$  en boven dien eenen hoek  $[ACB]$ : staande tegen over eene der gelijke zijden  $[AB]$ , gelijk is aan den hoek die in den anderen driehoek over de gelijke zijde  $[AG]$  staat; zullen die driehoeken in alle opzigten gelijk zijn, indien de zijden  $[AB]$ ,

32 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

„ [AB, AG] welke over de gelijke hoeken staan groter „ zijn dan de gegeven aangrenzende zijden [AC, AC].” Immers zoo  $AB > AC$  en  $AG > AC$  is de hoek  $\angle ACB > \angle ABC$  en  $\angle ACG > \angle AGC$ : en gevolg- lijk zijn de hoeken ABC en AGC altijd scherp. Het voorstel aldus uitgedrukt is dan wel in het onze begre- pen, maar is minder algemeen.

KARSTEN, *Mathesis Theoretica*: Geom. §. 87.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 25.

Indien de drie zijden van een driehoek [ABC] gelijk zijn aan de drie zijden van een anderen [GAC] ieder aan ieder [ $AB = AG$ ,  $AC = BC$ ,  $BC = GC$ ] zullen de hoeken welke tuschen en over gelijke zijden staan onder- ling gelijk zijn. (t. w.  $\angle BAC = \angle GAC$ :  $\angle ABC = \angle AGC$ :  $\angle ACB = \angle ACG$ ).

EUCL. I. 8. — St. I. 5. — L. G. I. II.

BEWIJS. Uit het ongerijmde waarin men [door XXIII.] ver- valt, indien men stelt dat een der hoeken, bijv. BAC, groter of kleiner mogt zijn dan  $\angle GAC$ . Zoodra nu de gelijkheid dier hoeken bewezen is, volgt het overige door Voorst. XXI.

I. GEVOLG.

Deze driehoeken bevatten ook gelijke ruimten, en zijn dus in alle opzigten gelijk.

II. GEVOLG.

Indien er uit twee stippen [B en C] van eene lijn [BC] twee lijnen [BA, CA] getrokken zijn, die elkander in een stip [A] ontmoeten: kunnen er uit die zelfde stippen geen twee andere lijnen aan den zelfden kant getrokken worden, die aan de eerstgemelde gelijk zullen zijn, ieder aan ieder, en die in eenig ander stip te samen zouden komen.

EUCL. I. 7.

I. AANMERKING. Men is thans in staat om de volgende werk- stukken op te lossen, te weten:

Uit het I. Boek, Werkst. 6, 12 en 13. uit het II. Werkst. 4.

I.

**AANMERKING.** Men kan dit Voorstel niet omkeren en zeggen: „wanneer in twee driehoeken de drie hoeken gelijk „zijn, ieder aan ieder, zullen de zijden welke over gelijke „hoeken staan onderling gelijk zijn.” Want driehoeken kunnen onderling gelijkhoekig, en niet te min zeer verschillende in grootte zijn. Indien men bijv. binnen den driehoek  $EBF$ , fig. 33. de lijn  $AC$  evenwijdig aan  $EF$  trekt: zullen de twee driehoeken  $EBF$  en  $ABC$ , gelijkhoekig zijn (Bep. X. bl. 13.). Wij zullen in het IV. Boek Voorstel II. bewijzen dat de gelijkhoekigheid in verschillende driehoeken, niet derzelver *gelijkheid*, maar alléén derzelver *gelijkvormigheid*, uitmaakt.

**XXVII. VOORSTEL.** Fig. 33 en 34.

In eenen gelijkbeenigen driehoek  $[ABC]$  zijn de hoeken  $[BAC$  en  $BCA]$  op de grondlijn gelijk: en zoo de beenen verlengd worden, zijn de hoeken  $[EAC$  en  $ACF]$  onder de grondlijn het ook.

**EUCL. I. 5. — St. I. 4. — L. G. I. 12.**

**I. BEWIJS.** Fig. 33. in den trant van EUCLIDES. Men verlengt de beenen en maakt  $BF = BE$ : men trekt  $AE$ ,  $CE$ : en bewijst uit Voorstel XXI, dat  $AF = CE$ ,  $\angle AFC = \angle AEC$ ,  $\angle BAF = \angle BCE$ ; daaruit, en uit Voorstel XXI, dat  $\angle ACE = \angle CAF$  en  $\angle EAC = \angle ACF$ , waaruit het overige volgt.

**II. BEWIJS.** Fig. 34. Met te onderstellen dat  $BK$  den tophoek in twee gelijke deelen snijdt, en dan door Voorst. XXI.

**III. BEWIJS.** Fig. 34. Dat het eenvoudigste voorkomt, en tevens een aantal gevolgen oplevert. Men beschrijve op  $AC$  eenen anderen gelijkbeenigen driehoek  $AIC$ , het zij aan den zelfden, het zij aan den anderen kant der grondlijn  $AC$ : en trekke  $BI$ , die  $AC$  snijdt in  $K$ . Dan past men Voorstel XXVI. op de  $\Delta\Delta ABI$  en  $IBC$  toe: en dan het XXI. op de  $\Delta\Delta BAK$  en  $BCK$ .

**I. AANMERKING.** Men kan thans het XIV. Werkstuk van het I. Boek oplossen.

**I. GEVOLG.**

Als de tophoek van een gelijkbeenigen driehoek bekend is, zijn de hoeken op de grondlijn het ook: en ieder hunner is het verschil van den halven tophoek met  
C eenen

34 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

éenen regten hoek: of van den geheelen tophoek met twee rechte hoeken (III.).

St. I. 13. Gevolg 6.

II. GEVOLG.

Een gelijkbeenige driehoek kan geen regten hoek dan alleen in den top bezitten; en in dat geval zijn de overige hoeken ieder gelijk aan eenen halven regten hoek.

Het bewijs wordt uit dit Voorstel en het 3. Gevolg van het XV. opgemaakt.

St. I. 13. Gev. 7.

III. GEVOLG.

Een gelijkzijdige driehoek is altijd gelijkhoekig: en ieder hoek is twee derde gedeelten van den regten hoek.

Het laatste gedeelte wordt uit het XV. Voorstel opgemaakt.

St. I. 13. Gev. 8. — L. G. I. 12. Cor.

I. AANMERKING. Men is thans in staat om het XVI. Werkstuk van het I. Boek optelosfen.

IV. GEVOLG. Fig. 34.

Eene loodlijn  $[BK]$  uit den top van een' gelijkbeenigen, of gelijkzijdigen, driehoek  $[ABC]$  op de grondlijn  $[AC]$  neergelaten, snijdt die lijn in twee gelijke deelen  $[AK]$  en  $[KC]$ , en deelt insgelijks den tophoek  $[ABC]$  in twee gelijke hoeken.

En, *omgekeerd*; die lijn welke uit den top van een gelijkbeenigen, of gelijkzijdigen driehoek,  $[ABC]$  nedergelaten wordt, en, of den tophoek, of de grondlijn, in twee gelijke deelen verdeelt, staat loodrecht op de grondlijn  $AC$ .

TACQUET op de 26 Prop. van EUCLIDES I. Boek. — St. I. 4. Gev. 1 en 2.

BEWIJS. Uit dit Voorstel met het XXII. gepaard.

II. AANMERKING. Men kan thans de oplossing van het III. en de eerste oplossing van het IV. Werkstuk uit het eerste Boek verrigten.

III. AANMERKING. Uit dit gevolg wordt doorgaans bewezen het geen wij in Voorstel XI. Gev. 2. gesteld hebben.

V. GEVOLG. Fig. 34.

Indien op de zelfde grondlijn  $[AC]$ , twee verschillende gelijkbeenige driehoeken  $ABC$ , en  $AIC$  staan, zal de lijn  $[BI]$  die door de toppen  $[B$  en  $I]$  der beide driehoeken gaat, (zoo noodig tot op de grondlijn  $[AC]$  in  $K$  verlengd), die grondlijn in twee gelijke deelen snijden, en loodregt op dezelve staan.

BEWIJS. Het ligt in het derde bewijs van dit voorstel opgesloten.

IV. AANMERKING. Dit stelt ons in staat om uit het eerste Boek op te lossen het V, VII, XV Werkstuk.

V. AANMERKING. Dat de lijn, welke den tophoek in twee gelijke deelen deelt, ook de grondlijn in twee gelijke deelen snijdt, is den gelijkbeenigen, en dus ook den gelijkzijdigen, driehoek alléén eigen. In alle andere wordt de grondlijn door zoodanige lijn in twee ongelijke deelen gesneden, en het grootste stuk grenst aan de grootste zijde: want zij [fig. 35] in  $\triangle ABC$ ,  $AB > BC$ , en  $\angle ABD = \angle DBC$ : maak  $BI = BC$ , trek  $DI$ : dan is (XXI.)  $ID = DC$ :  $\angle DIB = \angle BCD$ : en  $\angle IDB = \angle BDC$ ; maar  $\angle BDC = \angle A + \angle ABD$ : en  $\angle AID = \angle ABD + \angle IDB = \angle ABD + \angle BDC$ . Gevolgelyk  $\angle AID = \angle A + 2 \angle ABD$  en derhalve  $\angle AID > \angle A$  en (XVII.)  $AD > ID$ ; of  $AD > DC$ . In het IV. Boek Voorst. XII. zal daarover nader gehandeld worden.

Deze aanmerking is reeds door PROCLUS gemaakt, en door CLAVIUS, op EUCLIDES I. 19. voorgedragen.

VI. GEVOLG. Fig. 33.

Indien men op de beenen  $[AB, BC]$  van een<sup>e</sup> gelijkbeenigen driehoek, of op derzelver verlengden, uit den top  $B$ , gelijke deelen afsnijdt  $[BE, BF]$ , zal de lijn  $[EF]$  die de uitersten  $[E, F]$  van die deelen vereenigt, met dezelve eenen gelijkbeenigen driehoek  $[BEF]$  maken, waarvan de hoeken onderling aan die van den gegeven driehoek  $[ABC]$  gelijk zullen zijn, en wiens grondlijn  $[EF]$  evenwijdig aan de grondlijn  $[AB]$  van den gegeven driehoek zijn zal.

BEWIJS. Het volgt uit dit Voorstel en uit de X. Bep. bl. 13.

VII. GEVOLG. Fig. 34.

Twee regthoekige driehoeken  $[ABK, BKC]$  in welke de schuinsche zijden  $[AB, BC]$  gelijk aan elkander zijn, en eene der regthoeks zijden  $[BK]$  ook gelijk is in beiden; zijn in alle opzigten gelijk.

St. I. 11. — L. G. I. 18.

BEWIJS. Het zelve ligt reeds in het 2de Bewijs van dit voorstel opgesloten: of wel, men stelt de driehoeken met de regthoeks zijde  $BK$ , die in beiden gelijk is, tegen elkander: dan maken  $AK$  en  $CK$  ééne regte lijn [IV. Voorstel]: en het overige wordt uit dit Voorstel, en zijn 4. Gevolg afgeleid.

VI. AANMERKING. Dit gevolg is een bijzonder geval van het XXV. voorstel, waarvan het een gevolg uitmaakt.

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 36.

Alle driehoeken waarin de hoeken op de grondlijn gelijk zijn, zijn gelijkbeenig.

EUCL. I. 6. — St. I. 14. Gev. . — L. G. I. 13.

BEWIJS. Uit de ongerijmdheid waarin men door het Voorstel XXVII. vervallen zoude met te stellen [fig. 36.] dat niet  $AB$ , maar wel  $AG$ , gelijk aan  $BC$  zoude zijn.

GEVOLG.

Een driehoek waarin alle de hoeken onderling gelijk zijn, is gelijkzijdig.

XXIX. VOORSTEL. Fig. 37, 38 en 39.

Indien men uit eenen der hoeken  $[C]$  op de grondlijn  $[AC]$  van een' gelijkbeenigen driehoek  $[AGC]$  op het tegenovergestelde been  $[AG]$ , zoo noodig, verlengd, eene lijn  $[CD]$ , gelijk aan dat been  $[AG]$  laat vallen: zal die lijn  $[CD]$  met de verlengde grondlijn  $[AE]$  in dat stip eenen hoek  $[DCE]$  maken, die het drievoud is van den hoek  $[A]$  op de grondlijn in den driehoek.

UITLEGGING. Er kunnen drie gevallen zijn, want  $CD$  valt buiten den driehoek voorbij  $G$  [fig. 37.] of binnen den driehoek tusschen  $G$  en  $A$  [fig. 38.] of buiten den driehoek voorbij  $A$  [fig. 39.].

BEWIJS. I. GEVAL. Fig. 37.  $\angle DGC = 2 \angle A$  (XV.)  
 $= \angle GDC$  (XXVII.).  $\angle DCE = \angle A + \angle D$  (XV.)  
 $= 3 \angle A$ .

II. GEVAL. Fig. 38.  $\angle DCE = \angle A + \angle ADC$  (XV.)  
 $= \angle A + \angle AGC + \angle DCG$  (XV.)  $= \angle A +$   
 $\angle GDC + \angle DCG$  (XXVII.)  $= \angle A + \angle FGC$   
(XV.)  $= \angle A + 2 \angle A$  (XV.)  $= 3 \angle A$ .

III GEVAL. Fig. 39.  $\angle DCE$  of  $m = \angle D + \angle DAC$ .  
(XV.)  $= \angle G + \angle DAC$  (XXVII.)  $= 2 \angle G +$   
 $\angle ACG$  (XXVII.)  $= 4 L - 4 \angle ACG + \angle ACG$   
(XXVII. Gev. 1.)  $= 4 L - 3 \angle ACG$ . Derhalve  $\angle$   
 $m + 3 \angle ACG = 4 L$ . Maar  $4 L = \angle m + \angle$   
 $DCE$  *uitspringend* (V. Gev. 1.). Derhalve  $\angle m + 3$   
 $\angle ACG = \angle m < \angle DCE$  *uitspringend*. Derhalve  
 $\angle DCE$  *uitspringend*  $= 3 \angle ACG = 3 \angle GAC$ .

I. AANMERKING. De lijn CD valt altijd op de verlen-  
ging van AG aan den kant van GC zoo  $\angle AGC$  stomp  
is [fig. 37.] en derhalve  $\angle DGC$  scherp. Indien de hoek  
 $AGC$  regt was zoude CD op CG vallen: derhalve hoek  
 $A = \frac{1}{2} L$  (XXVII. Voorst. Gev. 2.) en  $\angle GCE =$   
 $L + \frac{1}{2} L = \frac{3}{2} L = 3 \angle A$ . Zoo  $\angle AGC$  scherp  
wordt [fig. 38.], valt D tuschen G en A, tot dat  $GA$   
 $= AC = GC$ , of tot dat de driehoek gelijkzijdig is,  
dan is (Voorstel XXVII. Gev. 3.)  $\angle A = \frac{2}{3} L$  en DC  
op CA vallende, wordt  $\angle DCE = 2 L$  of eene regte  
lijn (Voorst. IV.): dus ook  $= 3 \times \frac{2}{3} L = 3 \angle A$ .  
Wordt  $\angle AGC$  nog scherper [fig. 39.], dan valt CD be-  
neden A: daar  $\angle G$  kleiner wordt, wordt  $\angle GAC$  groo-  
ter dan in het voorgaande geval, of dan  $\frac{2}{3} L$ ; en derhalve  
 $3 \angle A > 2 L$ ; dus moet  $\angle DCE > 2 L$ , dat is moet  
een *uitspringende hoek* zijn, gelijk ik in de figuur door  
een cirkelhoogje heb trachten aanteduiden dat men dien  
hoek aan dien kant nemen moet.

II. AANMERKING. Indien men dan, een hoek DCE gege-  
ven zijnde, uit het stip D van het been CD, de lijnen  
DGA en CG geometrisch, en dus zeker, zoodanig  
trekken kon, dat  $GC = AG = CD$ : zoude de  $\angle A$   
 $= \frac{1}{3} \angle DCE$  zijn; en het beroemd Werkstuk om eenen  
hoek in drie gelijke deelen te deelen ware opgelost. Maar



38 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

dit kan niet geschieden. Wij zullen in het XVIII. Voorst. van het V. en in het VIII. Voorstel, Gev. 1. en 2. van het VIII. Boek nader daar over handelen.

III. AANMERKING. Er zijn nog verscheide andere belangrijke eigenschappen, de zijden en hoeken van driehoeken betreffende, doch die, of gevoegelijker elders plaats zullen vinden, of uit het geen tot nu bewezen is niet afgeleid kunnen worden. Tot de eerste soort behooren V. 2, VI. 3: tot de tweede IV. 13, 14. enz.

XXX. VOORSTEL. Fig. 40.

Indien twee lijnen  $[AB, CD]$  onderling evenwijdig, en tevens gelijk zijn, zullen de lijnen  $[BD, AC]$  welke de zelve vereenigen, ook onderling gelijk en evenwijdig zijn.

EUCL. I. 33. — St. I. 22. — L. G. I. 31.

BEREIDING. Men trekt de lijn  $CB$ , uit den hoek  $C$  naar den tegenovergestelden hoek.

BEWIJS. Uit de X Bep. en Voorstel XXI.

AANMERKING. De figuur  $ABDO$ , is dan zoodanig uit vier lijnen samengesteld dat de tegenovergestelde zijden onderling evenwijdig zijn.

XVI. BEPALING. Fig. 40.

Eene vierzijdige figuur, waarvan de tegenovergestelde zijden onderling evenwijdig zijn, draagt den naam van *parallelogram*, en wordt ook *raam* genoemd. De lijnen  $CB$  en  $AD$ , van den eenen hoek naar den tegenovergestelden getrokken, zijn de *diagonalen* of *hoeklijnen*, of *hoekpunts-lijnen*.

St. I. Bep. 29, 30. — L. G. I. Bep. 17, 18.

I. AANMERKING. *Parallelogram* beteekent, in het Grieksch, eene figuur, waarvan de zijden *parallel* zijn: het is de zelfde figuur die EUCLIDES in zijne 33 Bep. van het I. Boek *Rhomboides* noemt: derhalve zouden in dien zin (gelijk in het II. en IV. Boek nader blijken zal), de regelmatige veelhoeken uit een even getal zijden bestaande ook *parallelogrammen* zijn, indien niet die benaming aan eene figuur van vier zijden, bij uitstek, wierdt gegeven.

II. AANMERKING. Men zoude het parallelogram kunnen beschouwen als de moet, of het spoor, nagelaten door de beweging van eene rechte lijn  $CD$ , die zich evenwijdig aan zich

## II. Afdeling: Over de zijden der parallelogrammen. 39

zich zelve beweegt; door welke beweging de uiteinden C en D de lijnen CA en DB, als het ware, doen geboren worden: Zie Bep. II. Aanm. 1. Het parallelogram wordt scheefhoekig, wanneer de lijn CD zich beweegt, niet alleen van E naar A, maar tevens zijdelings van C naar F, en dus eene dubbelde, of samengestelde, beweging heeft. Maar indien de lijn slechts eene enkele beweging heeft, van E naar A, zoude de lijn CA loodrecht staan op CD, de hoek ACD zoude regt zijn, en het parallelogram zoude worden het geen wij in de XVIII. Bepaling *regthoek* zullen noemen.

III. AANMERKING. Hierop steunt het fraai *parallel-liniaal*, voor vele jaren door den Heer ECKHARDT, in den Haag, uitgevonden. Het bestaat uit een enkel liniaal dat zich op twee gekartelde en *volmaakt gelijke* rolletjes, of schijfjes, beweegt, en daardoor altijd aan zich zelve evenwijdig blijft. De *volmaakte* gelijkheid der gekartelde schijfjes is hier volstrekt noodzakelijk. Indien zij ongelijk waren, zoude het liniaal den omtrek van eenen cirkel beschrijven, wiens *radius* des te langer zoude zijn, dat het verschil tusschen de middelijken der schijfjes geringer en derzelver afstand van elkander grooter is. Dit middel is reeds door HERO den *Alexandrijner* gebruikt om aan konstbeelden eene *circulaire* beweging te geven. Zie zijne *Automata* in de *Mathem. Veteres*, bl. 249. PERRAULT heeft die uitvinding in praktijk gebragt om zeer groote cirkels, met een zeer klein werktuig te beschrijven: zie de afbeelding en beschrijving in zijne Fransche vertaling van VITRUVIUS, p. 82: daaruit is zij overgenomen door LEUPOLD, *Theatr. Mach.*, I. Deel, pl. XX. b. fig. 7.

### XXXI. VOORSTEL. Fig. 40.

In alle parallelogrammen heeft het volgende plaats:

1°. De tegen elkander overgestelde zijden [AB en CD: AC en BD] zijn gelijk.

2°. De tegenovergestelde hoeken [ACD en ABD; CAB en CDB] zijn gelijk.

3°. De hoeken op iedere zijde zijn te samengenomen gelijk aan twee rechte hoeken [ $\angle ABD + \angle BDC = 2 L$ :  $\angle BAC + \angle ACD = 2 L$ ].

4°. De diagonaal snijdt het parallelogram in twee gelijke driehoeken.

EUCL. I. 34. — St. I. 23. — L. G. I. 29, 32.

BEMERKING. Voor het I, II en IV. uit Bep. X. en Voorstel XXI. op de  $\Delta\Delta$  ABC en ACD toegepast.

Voor het III. uit Voorstel VII.

C 4

I.

40 I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.

I. GEVOLG.

De ruimte welke het *parallelogram* [A B D C] bestaat, is dus dubbeld van die, welke ieder der driehoeken, [A B C of B. C D] waarin het verdeeld wordt, bevat.

AANMERKING. Over de ruimte welke driehoeken en parallelogrammen bevatten, zal nader in II. 12, 13 gehandeld worden.

II. GEVOLG.

Indien een der hoeken van een parallelogram regt is, zijn zij het alle: indien twee aan elkander grenzende zijden gelijk zijn, zijn de vier zijden gelijk.

XVII. BEPALING.

Men noemt *ruit* eene vierhoekige figuur waarin de vier zijden gelijk zijn, fig. 42.

EUCL. I. Bep. 32. — L. G. I. Bep. 17.

GEVOLG.

De overstaande zijden van de ruit zijn aan elkander evenwijdig.

XVIII. BEPALING.

Men noemt *regthoek*, ook wel *regthoekig raam*, een parallelogram waarin de vier hoeken regt zijn, fig. 41.

EUCL. I. Bep. 31. — St. I. Bep. 39. — L. G. I. Bep. 17.

XIX. BEPALING.

Men noemt *vierkant*, of *quadraat*, eene vierhoekige figuur, waarin de vier hoeken regt, en de vier zijden onderling gelijk zijn, fig. 46. A D C B.

EUCL. I. Bep. 30. — St. I. Bep. 32. — L. G. I. Bep. 17.

I. AANMERKING. Hoe men handelen moet om op eene gegeven lijn een vierkant te beschrijven, wordt in het V. Werkstuk van het II. Boek geleerd, en men is daartoe reeds in staat.

II. AANMERKING. Het *parallelogram*, de *ruit*, de *regthoek*, het *vierkant*, zijn de eenige, zoogenoemde, *geschikte vierhoeken*: alle andere worden *ongeschikte vierhoeken*, of *trapezia* genoemd, gelijk A D C B fig. 47.

EUCL. I. Bep. 34.

XXXII.

XXXII. VOORSTEL. Fig. 40.

In alle vierhoeken  $[ABDC]$  waarin de tegenovergestelde zijden  $[AB$  en  $CD$ ,  $AC$  en  $BD]$  onderling gelijk zijn; zijn dezelve ook onderling evenwijdig.

L. G. I. 30.

BEREIDING. Men trekt den diagonaal  $CB$ .

BEWIJS. Uit het XXVI, Voorstel en Bep. 10.

I. AANMERKING. Dit voorstel is het omgekeerde van het XXXI.

II. AANMERKING. Op dit voorstel steunt het vervaardigen van de *parallel-linialen* die men in de kokers met mathematische instrumenten aantreft.

XXXIII. VOORSTEL. Fig. 40.

In alle parallelogrammen  $[ABDC]$  snijden de beide diagonalen  $[AD$ ,  $BC]$  zich onderling in twee gelijke deelen  $[AO = OD$ :  $BO = OC]$ .

EUCL. I. 30. — L. G. I. 23.

BEWIJS. Door Voorstel XXII.

GEVOLG.

In de regthoeken en vierkanten, zijn de deelen der diagonalen, en de diagonalen zelve, gelijk. In de vierkanten en ruiten snijden zij, boven dien, elkander regthoekig.

XXXIV. VOORSTEL. Fig. 85.

Indien men uit een der uiteinden  $[B]$  van de diagonaal  $[CB]$  eens vierkants  $[ABLC]$  op die diagonaal een stuk  $[BD]$  neemt gelijk aan de zijde  $[BA]$  van het vierkant: en uit het uiteinde  $[D]$  van dat stuk eene loodlijn  $[DE]$  op de diagonaal oprigt, welke de grondlijn  $[AC]$  des vierkants  $[in E]$  ontmoet: zal die lijn  $[DE]$  gelijk zijn aan het verschil  $[DC]$  tusschen de diagonaal  $[CB]$  en de zijde  $[AC]$  van het vierkant, en op de grondlijn een stuk  $[EA]$  afsnijden, gelijk aan hetzelfde verschil  $[DC]$ .

BEREIDING. Men trekt  $DA$ .

BEWIJS. Voor het I. Om dat in  $\triangle ECD$ ,  $\angle EDC = L$  en  $\angle DCA = \frac{1}{2} L$ : is  $\angle DEC$  ook  $= \frac{1}{2} L$ : (XXVII. Gev. 2.) derhalve  $DE = DC$  (XXVIII.)

Voor het II. Om dat in  $\triangle ABD$ ,  $AB = BD$  en  $\angle C$  5  $\angle ABD$

42 *I. Boek: Over de lijnen, en de zijden der figuren.*

$\angle ABD = \frac{1}{2} L$  is (XXVII.)  $\angle BAD = \angle BDA = \frac{1}{2} L$ : derhalve  $\angle DAE = \frac{1}{2} L = \angle ADE$ ; en (XXVIII.)  
 $AE = DE = DC$ .

I. AANMERKING. Hieruit blijkt, hoe men te handelen heb-  
 be om het VIII. Werkstuk van het II. Boek op te lossen.

II. AANMERKING. Dit voorstel zal den grond leggen om in het  
 vervolg geometrisch te bewijzen dat de diagonaal en de  
 zijde van een vierkant onderling *onmeetbaar* zijn, Zie III.  
 Boek, Bep. 8. Aanm. 2.

XXXV. VOORSTEL. Fig. 45.

Indien er uit drie stippen [I, B, F] op een der bee-  
 nen [AD] van eenen hoek [DAE] op gelijke afstanden  
 [IB, BF] van elkander geplaatst, drie lijnen [IN,  
 BC, FL] alle evenwijdig aan elkander getogen zijn:  
 zullen de deelen [NC, CL], van het ander been [AE]  
 tusfchen de gemelde lijnen begrepen, ook gelijk aan el-  
 kander zijn. En *omgekeerd*: indien twee evenwijdige  
 lijnen [BC, FL], de beenen van een' hoek snijden, en  
 eene derde lijn [IN], van ieder een stuk [IB, en NC]  
 afsnijdt dat gelijk is aan dat stuk [BF, CL] van ieder,  
 hetwelk tusfchen de eerstgemelde lijnen begrepen wordt:  
 is die derde lijn evenwijdig aan de twee eerste.

SIMPSON L. 27.

BEREIDING. Men stelt dat de lijn PQ door C evenwijdig  
 aan DA getrokken is, en de lijnen IN, verlengd, en FL,  
 in P en O snijdt.

BEWIJS. Uit het XXXI. Voorstel besluit men de gelijkheid  
 der lijnen PC en CO: en uit het XXII. die der lijnen  
 NC en CL. — Het tweede gedeelte, of het omgekeerde,  
 wordt door het eerste bewezen, uit de beschouwing der  
 ongerijmdheid waarin men vervalt, met het tegendeel te stel-  
 len: d. i. met te stellen dat niet IN, maar eene andere lijn  
 I*h* met BC evenwijdig zoude zijn!

GEVOLG.

Indien men eene zijde [AD] van een driehoek [DAE] in zoo  
 vele gelijke deelen deelt als men wil, en uit ieder eene lijn  
 evenwijdig aan de grondlijn [ED] trekt; zullen die lijnen  
 de andere zijde [AE] in het zelfde aantal gelijke deelen snijden.

AAN-

## II. Afdeling: Over de zijden der parallelogrammen. 43

AANMERKING. Hier door kan men het 8 en het 9 Werkstuk van het I. Boek oplossen.

### XXXVI. VOORSTEL. Fig. 47.

Indien men de vier zijden van eenigen ongeschikten vierhoek  $[DCBA]$  in twee gelijke deelen deelt, zullen de lijnen  $[HG, GF, FE, EH]$ , die de stippen daar de deeling gelchied is veréénigen, een parallelogram uitmaken.

SIMPSON I. 29.

BEREIDING. Men trekt de diagonalen  $DB, AC$ .

BEWIJS. Men besluit uit het XXXV Voorstel dat  $HG$  en  $EF$  parallel zijn aan  $AC$ : en  $HE$  en  $GF$  aan  $DB$ : waaruit het voorstel door het IX. Voorstel volgt.

I. AANMERKING. Uit het geen in II. 13. en IV. 2. zal gezegd worden, valt gemakkelijk optemaken dat de ruimte  $HGFE$  welke het parallelogram bestaat, de helft is van die welke de vierhoek  $ADCB$  bevat.

#### I. GEVOLG.

Indien de gegeven vierhoek een regthoek, of een vierkant, ware, zoude het *parallelogram*  $HGFE$  ook een regthoek, of een vierkant, zijn.

#### II. GEVOLG. Fig. 46.

Indien  $DCBA$  een vierkant ware, en de stippen  $H, G, F, E$  niet op de helft der zijden  $AD, DC, CB, BA$ , maar op iedere zijde, op gelijke afstanden der hoeken, ieder in zijn rang, genomen worden  $[AH = DG = CF = BE]$  zal de figuur ook een vierkant zijn.

SIMPSON I. 28.

II. AANMERKING. Dit zal in II. 38. nader op alle veelhoeken toegepast worden.

---

TWÉE.

# T W E E D E   B O E K.

## OVER DEN INHOUD VAN RECHTLIJNIGE FIGUREN.

### I N L E I D I N G.

#### I. BEPALING.

De ruimte welke tusſchen de lijnen begrepen is waaruit eene vlakke figuur beſtaat, wordt de *inhoud*, ook wel de *oppervlakte*, van die figuur genoemd.

St. I. Bep. 38. — L. G. III. Bep. 7.

#### II. BEPALING.

Figuren, welke gelijken inhoud, of gelijke oppervlakte hebben, worden gezegd *gelijkhaltig* te zijn.

I. AANMERKING. Doorgaans worden zoodanige figuren ook *gelijke* figuren genoemd: maar dan wordt die benaming in eenen meer beperkten zin genomen, dan wanneer men *gelijke figuren* de zulke noemt, waarvan alle de deelen, ieder aan ieder, onderling gelijk zijn, en die, gevolgelijk, op elkander gelegd geheel zouden overeenkomen; gelijk het geval was voor de driehoeken waarvan in Voorſtel 21, 22, 25, 26. van het I. Boek geſproken is. Bij deze wordt dan de gelijkheid in eenen ruimeren zin genomen, dan bij de zoodanige wier inhouden alleen gelijk zijn. Ik heb, om alle dubbelzinnigheid te vermijden, in navolging van LE GENDRE [III. Bep. 1] *gelijkhaltige figuren* (*figures equivalentes*) de zulke genoemd, welke alleen in inhoud gelijk zijn: terwijl ik door *gelijke* die blijf verſtaan, welke in alle opzigten gelijk zijn: en om ook, zelf in de reekens, alle dubbelzinnigheid te vermijden, zal ik beſtendig het teeken  $=$  voor de ſtrikte gelijkheid, en het teeken  $\infty$ , dat men voorheen ook voor gelijkheid gebruikte, enkel voor gelijken inhoud te hebben, of *gelijkhaltig* te zijn, bezigen.

II. AANMERKING. Er kunnen echter gevallen zijn, waarin het gebruik van de uitdrukking *gelijk zijn* niet dubbelzinnig is, en de omſtandigheden aanwijzen, dat men alleen van *gelijkhaltig te zijn* ſpreken kan: bijv. wanneer men zegt dat eene figuur *gelijk* is aan de ſom van verſcheide andere: of dat eene figuur, een driehoek bijv. gelijk is aan eene andere, die klaarblijkelijk van gedaante verſchilt: bijv. aan een vierkant. Het wijst zich van zelf aan, dat als dan *gelijk*, eigenlijk *gelijkhaltig* aanduidt.

III.

**III. AANMERKING.** Insgelijks wanneer men, het woord figuur afzonderlijk gebruikende, zegt b. v. een driehoek, een parallelogram enz. is het dubbeld, of de helft van een ander, verstaat men altijd daar door den inhoud van dien driehoek, of van dat parallelogram.

**III. BEPALING. Fig. 22.**

Wanneer men in eene regtlijnige figuur eene zijde voor grondlijn, of *basis*, aanneemt, wordt de loodlijn uit den top op die grondlijn nedergelaten, de *hoogte* van de figuur genoemd. In  $\triangle CAD$ , is  $AB$  de hoogte, zoo  $CD$  de grondlijn is; en  $CH$  is de hoogte zoo  $AD$  voor grondlijn genomen wordt.

EUCL. VI. Bep. 4. — St. VI. Bep. 4. — L. G. III. Bep. 5.

**AANMERKING.** De reden waarom de loodlijn de hoogte genoemd wordt, blijkt uit I. 11. Gev. 1.

**GEVOLG. Fig. 40.**

Wanneer eene figuur zoodanig gesteld is, dat er over de grondlijn  $[CD]$  geen top staat, maar wel eene zijde  $[AB]$  aan de grondlijn evenwijdig; zal de *hoogte* der figuur bepaald worden door de loodlijn  $[AE]$  welke tusschen die zijde en de grondlijn getogen wordt.

L. G. III. Bep. 4 en 6.

**IV. BEPALING. Fig. 50 en 51.**

Parallelogrammen  $[MBCL, MDEL, IDEH]$ , fig. 50.] worden gezegd tusschen de zelfde evenwijdige lijnen,  $[AF, GN]$  te staan, als eene  $[GN]$  dier evenwijdige, of een gedeelte  $[ML, IH]$  derzelve, hun tot grondlijn, en de andere  $[AF]$ , of een gedeelte derzelve  $[BC, DE]$  voor tegenovergestelde zijde strekt.

Driehoeken  $[ADI, AEI, HKL]$ , fig. 51.] worden gezegd tusschen de zelfde evenwijdige lijnen  $[BK, AL]$  te staan, als eene  $[AL]$  dier lijnen, of een gedeelte  $[AI, HL]$  daarvan, hun tot grondlijn strekt: en hunne toppen  $[D, E, K]$  de andere evenwijdige lijn  $[BK]$  raken.

**AANMERKING.** De zelfde bepaling als voor de parallelogrammen heeft plaats voor alle de figuren waarin twee zijden evenwijdig zijn aan elkander, en eene dezer de grondlijn is: en de zelfde als voor de driehoeken geldt voor alle de fi.



46 **L. Bep.: Over den inhoud van regtlijnige figuren.**

figuren uit een oneven getal zijden bestaande; wanneer de zijde over een der hoeken staande voor grondlijn genomen wordt.

**GEVOLG.**

Figuren die tusschen de zelfde evenwijdige lijnen staan zijn even hoog: en die even hoog zijn kunnen tusschen de zelfde evenwijdige lijnen geteld worden.

Lit L. 13. en hier Bep. III.

**V. BEPALING. Fig. 41.**

Een regthoek  $[ABDC]$  wordt gezegd de regthoek uit twee lijnen  $[E, F]$  te zijn, wanneer de grondlijn  $(CD)$  des regthoeks  $[ABDC]$  gelijk is aan eene van die lijnen  $[E]$  en de regthoekszijde  $[AC]$  aan de andere  $[F]$ .

EUCL. II. Bep. 1. — St. II. Bep. 2.

**I. AANMERKING.** Wanneer de twee lijnen  $[AC, CD]$  welke den regthoek uitmaken gegeven zijn, is de geheele regthoek gegeven, en allezins bepaald. Want de hoeken alle regt zijnde [Bep. 18.] hebben zij alle eene bepaalde en gelijke grootte [I. 2.] en uit een en het zelfde stip  $C$  of  $D$ , kan maar eene eenige loodlijn getrokken worden [I. 11. Gev. 2.]: zoo dat uit twee gegeven lijnen maar eene eenige regthoek gemaakt kan worden. Hetgeen, in andere woorden, dit gevolg oplevert.

**I. GEVOLG.**

Alle regthoeken, uit gelijke, of de zelfde, lijnen gemaakt, zijn, in alle opzigten, gelijk.

**II. AANMERKING.** Dit gevolg wordt, te regt, onder de *Axiomata* geplaatst. KOENIG zegt, hieromtrent, met reden [op EUCL. II. *Axioma* 2.] „dit is uit eene der eerste „gronden van alle onze redekavelingen blijkbaar, welke „vordert dat twee dingen volkomen gelijk zijn als er nergens verschil is tusschen een eenig der deelen waaruit „zij bestaan.”

**III. AANMERKING.** Dit gevolg heeft geen plaats voor parallelogrammen: om dat, tot derzelver bepaling, niet alleen de grootte der zijden, maar ook die van den hoek welken twee zijden onderling maken, vereischt wordt. De inhoud immers, van twee parallelogrammen, uit gelijke lij-

lijnen bestaande, verschilt naar mate die hoek van den regten hoek afwijkt: en wordt kleiner als die afwijking grooter wordt. Zoo is in fig. 43.  $\square CABD > \square CabD > \square Ca\beta D$ , (gelijk uit het gevolg van het tweede voorstel blijken zal) hoewel de zijden  $CA$ ,  $Ca$ ,  $Ca$  gelijk zijn.

IV. AANMERKING. Men duidt dikwijls den regthoek  $[ABDC$ , fig. 41.] aan door de drie letters welke eenen der hoeken bepalen: bijv. met te zeggen regthoek  $ACD$ . Het is om die reden dat bij velen, vooral onder de Ouden, en die welke derzelver trant stiptelijk volgen, drie letters van eene lijn [fig. 1.] agtereenvolgend geplaatst, den regthoek te kennen geven van de twee lijnen door die letters aangeduid: als bijv. regthoek  $ACB$ , om te zeggen den regthoek uit  $AC$ , en  $BC$ : regthoek  $ABC$  om te zeggen den regthoek uit  $AB$  en  $BC$ . De middelste letter is die, welke, met de eerste en laatste vereenigd, de lijnen aanduidt die de zijden van den regthoek zullen uitmaken. Van daar de uitdrukking der Ouden, het *begrepene* onder, of door, twee lijnen, om te zeggen den inhoud des regthoeks uit die lijnen gemaakt. Zoo is fig. 41.  $\square ABC$  het *begrepene* onder, of door, de lijnen  $E$  en  $F$ .

Somtijds ook duidt men den regthoek aan door de letters aan de uiteinden der diagonaal staande: bij voorbeeld  $\square CB$ , om den regthoek  $ABDC$  aantewijzen.

## II. GEVOLG. Fig. 48.

Het vierkant  $[ACEG]$  op eene lijn  $GE$  gesteld, d. i. het vierkant van, of op, die lijn, kan beschouwd worden als een regthoek door twee gelijke lijnen,  $AG$ ,  $GE$ ; of  $CE$ ,  $EG$ ; of  $EG$ ,  $EG$ ; gemaakt.

St. I. Bep. 33.

V. AANMERKING. Van daar de uitdrukking der Ouden, eene lijn *kan* zoo veel, de *magt* van eene lijn, het *vermogen* van eene lijn, om den inhoud van het vierkant op die lijn uitte drukken.

## III. GEVOLG.

Vierkanten van, of op, gelijke lijnen, zijn in alle opzichten gelijk: en wanneer twee vierkanten in alle opzichten gelijk zijn, zijn ook de lijnen waarop zij staan gelijk.

VI. BEPALING. Fig. 52.

Wanneer men uit eenig stip  $[G]$  op de diagonaal  $[CB]$  van een parallelogram  $[CABD]$  lijnen  $[FI, HE]$  trekt evenwijdig aan de zijden des parallelograms: noemt men *parallelogrammen om de diagonaal* die  $[CHGI, GFBE]$  door welke de diagonaal gaat: en *aanvulsels* van deze, de twee overige parallelogrammen  $[HAFG, GEDI]$  door welke de diagonaal niet gaat. De geheele ruimte  $[AFGEDCA]$  door een der parallelogrammen om de diagonaal en de beide aanvulsels begrepen, draagt bij de Ouden den naam van *Gnomon*.

EUCL. II. Bep. 2. — St. I. Bep. 31.

GEVOLG.

Wanneer het parallelogram een regthoek is, zijn de parallelogrammen om de diagonaal, gelijk mede de aanvulsels, regthoeken: wanneer het een vierkant is, zijn de parallelogrammen om de diagonaal vierkanten, en de aanvulsels zijn regthoeken.

VII. BEPALING. Fig. 55. b.

Men noemt *regthoekig Trapezium* een ongeschikte vierhoek  $[CAFE]$  waar van twee zijden  $[AC, FE]$  op de grondlijn  $[AF]$  regthoekig staan.

St. I. Bep. 41.

I. A F D E E L I N G.

OVER DEN INHOUD VAN REGTHOEKEN EN  
VIERKANTEN, OP GEGEVEN LIJNEN GE-  
STELD, OF UIT DE VERDERLING VAN  
DEZE VOORTSPRUITENDE.

I. VOORSTEL. Fig. 44.

De som van verscheiden regthoeken  $[LI, QH, PG]$ , die de zelfde hoogte, doch verschillende grondlijnen, hebben, is gelijk aan den inhoud van éénen regthoek  $[LG]$  wiens hoogte de zelfde, en wiens grondlijn de som van alle de gegeven grondlijnen is.

EUCL. II. 1. — St. II. 1.

## *I. Afdeeling: Over den inhoud van regthoeken.* 49

**BEREIDING.** Men stelt de verschillende regthoeken met de gelijke zijde, die de gemeene hoogte is, tegen elkander: dan maken zij [I. 4, 14.] éénen regthoek  $LF GK$  uit.

**BEWIJS.** Het voorstel blijkt om dat de grondlijn  $KG$  des regthoeks  $LF GK$  de som is der grondlijnen  $KI + IH + HG$ .

### **I. GEVOLG.** Fig. 48.

Het vierkant  $[AE]$  van eene lijn  $[GE]$  heeft den zelfden inhoud als de som der regthoeken  $[AF, BE]$  uit de geheele lijn  $[GE]$  met ieder der deelen  $[GF, FE]$ , waarin zij verdeeld is, samengesteld.

**EUCL. II. 2. — St. II. 2.**

### **II. GEVOLG.** Fig. 48.

Indien eene lijn  $[GE]$  in twee deelen  $[GF, FE]$  gedeeld is, heeft de regthoek  $[GD]$  uit die gehele lijn  $[GE]$  en een der deelen  $[FE]$ , gelijken inhoud als het vierkant  $[IE]$  op dat deel en den regthoek  $[HF]$  der beide deelen  $[GF, FE]$  te samen.

**EUCL. II. 3. — St. II. 3.**

### **III. GEVOLG.** Fig. 49.

Indien van twee regthoeken  $[IHPQ]$  en  $[NOHI]$  die de zelfde grondlijn, of gelijke grondlijnen, hebben, de een  $[IHPQ]$  voor hoogte heeft eene lijn  $[IQ]$  die de helft is van de hoogte  $[IN]$  des anderen; zal de inhoud van den eerstgemelden regthoek  $[IHPQ]$  de helft zijn van die des tweeden  $[IHON]$ . Het zelfde heeft plaats indien de hoogten gelijk zijn, maar de grondlijn  $[IQ]$  van den eenen  $[PQIH]$  de helft is van de grondlijn  $[NI]$  van den anderen  $[IHON]$ .

**AANMERKING.** Welk deel de hoogte zij van de hoogte, de grondlijnen gelijk zijnde; of welk deel de grondlijn zij van de grondlijn, de hoogten gelijk zijnde; het zelfde deel zal de eene regthoek van den anderen zijn.

### **II. VOORSTEL.** Fig. 44.

Het verschil der inhouden van twee regthoeken  $[KLPH]$  en  $[QPHI]$  die op verschillende grondlijnen  $[KH, HI]$  staan, doch gelijke hoogte hebben, is gelijk aan een' regthoek

**D**

52 *II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

en  $b + 2$  regthoeken uit  $a$  en  $c + 2$  regthoeken uit  $b$  en  $c$ .

VI. AANMERKING. Wanneer men in acht neemt het geen wij in de I. Aanmerking gezegd hebben en in IV. 9. Gev. 2 en 5. bewijzen zullen, dat men van de vermenigvuldiging en tweede magten van getallen verstaan kan het geen wij hier van regthoeken en vierkanten zeggen: wordt de voorgaande Geometrische uitdrukking deze *Algebraische Formule*,  $(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + 2(a + b)c + c^2$ : het geen den regel oplevert dien men volgt om den quadraat-wortel uit een getal te trekken: Zie St. I. V, def. 15. en ons *Aanhangsel*. Die zelfde *Formule* nader ontwikkeld geeft,  $(a + b + c)^2 = a^2 + 2ab + b^2 + 2ac + 2bc + c^2$ : en het zijn die deelen welke in de 53 figuur aangewezen worden.

IV. VOORSTEL. Fig. 56.

Indien eene lijn  $[AD]$  in twee deelen  $[AC, CD]$  naar willekeur gesneden wordt; is het vierkant op de geheele lijn  $[AD]$  te samen met het vierkant van een der deelen  $[CD]$ , van gelijken inhoud als tweemaal de regthoek uit de geheele lijn  $[AD]$  en dat deel  $[CD]$  te samen met het vierkant op het ander deel  $[AC]$ .

EUCL. II. 7, — St. II. 7.

BEREIDING van de figuur. Men stelde op  $AD$  zijn vierkant  $ADFK$ , neme  $ED = CD$ , trekke  $EL$  en  $CI$  (verlengd) evenwijdig aan  $AD$ , en aan  $FD$ : neme op  $DF$  (verlengd)  $FG = CD = IF$ , en voltooije het  $\square IFGH$ .

I. BEWIJS. Uit de beschouwing dat  $\square ALED \propto \square MHGE$ .

AANMERKING. Men kan dít voorstel en de vijf volgende, zeer gemakkelijk, bewijzen uit de Algebraische uitdrukkingen, waarvan in de Aanmerkingen I. en V. op het voorgaand voorstel gesproken is, en zonder behulp van eenige figuur: waarom wij die bewijzen, *bewijzen zonder figuur* zullen noemen.

II. BEWIJS. Zonder figuur. Zij  $(a + b)$  de lijn:  $a$  en  $b$  hare deelen.  
 $(a + b)^2 + b^2 = a^2 + 2ab + b^2 + b^2 = a^2 + 2ab + 2b^2 = 2(a + b)b + a^2$ .

V. VOORSTEL. Fig. 58.

Indien eene lijn  $[AB]$  in twee gelijke  $[AC = CB]$  en in twee ongelijke deelen  $[AD, DB]$  gedeeld wordt, zal de regthoek uit de ongelijke deelen  $[AD$  en  $DB]$  te  
 52

samen met het vierkant op het middelste stuk [CD] gelijk zijn in inhoud aan het vierkant op de halve lijn [CB of AC].

EUCL. II. 5. — St. II. 5.

BEREIDING voor de figuur. Maak op AC het □ CAFH: neem AE = AD; voltooi den regthoek AIBE; trek DG evenwijdig aan AF: dan is □ BDLI de regthoek uit AD en DB, en □ HGLK het □ op CD.

I. BEWIJS. Uit de beschouwing der figuur, waarin □ CKIB ∞ □ AFGD.

II. BEWIJS. Zonder figuur. Zij  $(a + b)$  de lijn: dus  $\left(\frac{a+b}{2}\right)$

de halve lijn;  $\frac{a+b}{2} - b$  het middelstuk. Nu is  $ab +$

$$\left[\frac{a+b}{2} - b\right]^2 = ab + \frac{a^2 + 2ab + b^2}{4} - 2$$

$$\left(\frac{ab + b^2}{2}\right) + b^2 =$$

$$\frac{4ab + a^2 + 2ab + b^2 - 4ab - 4b^2 + 4b^2}{4}$$

$$= \frac{a^2 + 2ab + b^2}{4} = \left(\frac{a+b}{2}\right)^2.$$

# VI. VOORSTEL. Fig. 59.

Indien men eene rechte lijn [AB] in twee gelijke deelen [AC, CB] deelt, en ze naar welgevalen verlengt (tot in D); zal de regthoek uit de geheele aldus verlengde lijn en het bijgevoegde stuk [AD en DB] te samen met het vierkant op de helft [BC] der gegeven lijn [AB], gelijkhaltig zijn aan het vierkant van de lijn [CD], gevormd uit de helft [CB] der gegeven lijn en het bijgevoegde stuk DB.

EUCL. II. 6. — St. II. 6.

BEREIDING voor de figuur. Maak op CD het vierkant CDGH; neem DL = DB: voltooi den regthoek ADLI; trek uit B, BF // DG; dan is □ ADLI de regthoek van AD en BD, en □ KEFH het □ op BC.

I. BEWIJS. Uit de beschouwing der figuur, waarin □ CKIA ∞ □ LGFE.

56 I. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.

uit de halve lijn  $[CB]$  en de verlengde  $[BD]$  samenge-  
steld, ook te samen genomen.

EUCL. II. 10.

BEREIDING voor de figuur. Men stelde het vierkant  $ADIL$  op  $AD$ : men verlengde  $AD$ , en neme  $Db = BD$ : verder  $DF = BD$ ,  $FG = BC = AC$ ; trekke uit  $F$  en  $G$  de lijnen  $FN$  en  $GM$  evenwijdig aan  $AD$ , en uit  $B$  en  $C$ ,  $BR$  en  $CK //$  aan  $DI$ : men voltooije het vierkant  $DFeb$ .

I. BEWIJS. Dan zijn  $\square LKPM$ ,  $MPON$  vierkanten op  $AC$ ;  $\square PGDC$  is het  $\square$  op  $CD$ , en  $\square KIGP + \square NOCA + \square FcbD$  maken ook een  $\square$  op  $CD$  uit.

II. BEWIJS. Zonder figuur.  $a$  is de lijn, dus  $\frac{a}{2}$  de halve:  $b$  de verlen-  
ging. Dus  $\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2} + b\right)^2 = \frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4} + ab + b^2 = \frac{a^2 + 2ab + 2b^2}{2} = \frac{(a + b)^2 + b^2}{2}$ . en dus  
 $(a + b)^2 + b^2 = 2 \left[ \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2} + b\right)^2 \right]$ .

AANMERKING. Het blijkt, en uit den aard der zaken, en uit de figuren, dat dit voorstel en het voorgaande eigenlijk één ééning voorstel zijn, maar dat hier  $AD > AB$ , en daar  $AD < AB$ .

X. VOORSTEL. Fig. 62.

Het verschil van twee vierkanten  $[GCAH]$  en  $[KIBC]$  op twee ongelijke lijnen  $[GC, KC]$  gesteld, heeft ge-  
lijken inhoud als de regthoek uit de som  $[GC + KC]$  en het verschil  $[GC - KC]$  van de beide lijnen.

L. G. III. 10.

BEREIDING. Stel het kleinste vierkant  $KIBC$  in den hoek van het grootste. Verleng  $HG$ ,  $AC$  zoo, dat  $GF = CD = KC$ . Trek  $FD$  en verleng  $IK$  tot  $L$  en  $E$ .

BEWIJS. Uit Voorstel III, I, en uit Bep. V. Gev. 1.

I. AANMERKING. Dit voorstel is de Geometrische uitdrukking van deze Algebraïsche Formule:  $a^2 - b^2 = [a + b] \times [a - b]$ .

I. GEVOLG. Fig. 58.

Het vierkant  $[AFHC]$  op de helft  $[AC]$  van eene  
lijn

lijn [AB], is grooter dan de regthoek [LB] van de twee ongelijke deelen [AD, DB] die te samen de zelfde lijn [AB] uitmaken: en is derhalve de grootste der regthoeken die uit de deelen van eene regte lijn gemaakt kunnen worden.

BEWIJS. Immers  $\square LIBD \infty \square LKCD + \square KIBC$   
 $\infty \square LKCD + \square FGDA$  en dus  $< \square FHCA$ .

## II. GEVOLG. Fig. 58.

De som der vierkanten op twee ongelijke deelen [AD, DB] van eene lijn, is kleiner dan de som der vierkanten op de beide gelijke deelen [AC, CB].

BEWIJS. Uit III. is,  $\square$  op DB  $+$   $\square$  op AD  $+$   
 $2 \text{ Rh uit AD} \cdot \text{DB} \infty \square$  op AB  $= 4 \square$  op AC.  
 maar *Gev. 1.*  $2 \text{ Rh uit AD} \cdot \text{DB} < 2 \square$  op AC.  
 derhalve  $\square$  op DB  $+$   $\square$  op AD  $> 2 \square$  op AC of  $\square$   
 op AC  $+$   $\square$  op CB.

AANMERKING. Het blijkt uit die twee gevolgen, dat het vierkant van de helft eener lijn het *maximum* is der regthoeken welke uit twee deelen van die lijn gemaakt kunnen worden: en dat het dubbelde vierkant op de helft, of de som der vierkanten op de twee helften van eene lijn, het *minimum* is van de som der vierkanten op de deelen.

D. G. §. 442.

## II. AFDEELING.

### OVER DEN INHOUD VAN DRIEHOEKEN EN PARALLELOGRAMMEN.

#### XI. VOORSTEL. Fig. 50.

Parallelogrammen [MBCL en MDEL] die op de zelfde grondlijn [ML] en tusfchen de zelfde evenwijdige lijnen [AF, GN] staan, en *derhalve* even hoog zijn, hebben gelijke inhouden, of zijn gelijkhaltig.

EUCL. I. 35. — St. I. 24. — L. G. III. 1.



58 *II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

BEWIJS. Om dat uit Bep. II. en I. 21. Gevolg 1.  $\Delta MBD = \Delta LCE$ : waaruit door aftrekking van  $\Delta CDK$  en bijvoeging van  $\Delta MKL$  het voorstel volgt.

I. AANMERKING. De reden van de gevolgtrekking *en derhalve* enz. in het voorstel voorkomende, blijkt uit het 1. Gevolg van de IV. Bepaling.

I. GEVOLG.

Een parallelogram  $MC$  is gelijkhaltig met den regthoek  $OPLM$ , die op de zelfde grondlijn  $[ML]$  staat, en wiens tweede zijde  $[MO]$  om den regten hoek gelijk is aan de hoogte  $[MO]$  of  $[PL]$  van het parallelogram. Zoo dat *de regthoeken de eigenaartige maat zijn van de parallelogrammen.*

L. G. III. 1. Cor.

II. AANMERKING. Door dit voorstel wordt opgelost het eerste gedeelte van het XII. Werkstuk des tweeden Boeks der Werkstukken.

II. GEVOLG. Fig. 50.

Een parallelogram of regthoek  $[MOPL, MBCL, MDEL]$  is het dubbel van een driehoek  $[MRL]$ , die op de zelfde grondlijn  $[ML]$  staat, en de zelfde hoogte heeft, of tusschen de zelfde evenwijdige lijnen begrepen is.

EUCL. I. 41. — St. I. 28. — L. G. III. 2. Gev. I.

BEWIJS. Uit I. 31. Gev. 1. en dit voorstel: na dat  $MA \parallel RL$  getrokken, en dus  $\square MARRL$  voltooid zal zijn.

III. AANMERKING. Indien men dit Gevolg met het 1. Gevolg van het XXXI. Voorstel in het I. Boek vergelijkt, zal men zien, dat het geen toen bewezen werd plaats te hebben, wanneer de driehoek en het parallelogram éenen hoek gemeen hebben, nu op alle driehoeken, hoe verschillende ook hunne hoeken van die der parallelogrammen zijn mogen, wordt toegepast.

XII. VOORSTEL. Fig. 50.

Parallelogrammen  $[MBCL]$  en  $[IDEH]$  die op gelijke grondlijnen  $[ML, IH]$  en tusschen de zelfde evenwijdige lij-

*II. Afd.: Over den inhoud van parallelogr. en drieh. 59*

lijnen [G N en A F] staan, en *gevolglijk*, even hoog zijn, zijn gelijkhaltig.

EUCL. I. 36. — St. I. 25.

BEREIDING. Men trekke M D, L E.

BEWIJS. Uit I. 30. en uit het voorgaande voorstel, D E als grondlijn beschouwende waarop  M D E L en D E H I staan.

I. AANMERKING. De reden van de gevolgtrekking; en *gevolglijk* enz. blijkt uit Bepaling IV. Gev.

I. GEVOLG.

Van twee parallelogrammen die op de zelfde grondlijn, of op gelijke grondlijnen, staan, heeft dat den grootsten inhoud, waarvan de hoogte de grootste is: en insgelijks indien de hoogte de zelfde is, doch de grondlijnen verschillen, is dat parallelogram het grootste dat op de grootste grondlijn staat.

II. GEVOLG.

Indien de hoogte van een parallelogram een bepaald gedeelte is van de hoogte van een ander, de grondlijnen gelijk zijnde; of indien de grondlijn een bepaald gedeelte is van de grondlijn, de hoogten gelijk zijnde; is het eerste parallelogram het zelfde bepaald gedeelte van het tweede, als hoogte van hoogte, of grondlijn van grondlijn (XI. Voorst. Gev. II en I. Gev. 3.).

XIII. VOORSTEL. Fig. 51.

De driehoeken [A D I, A E I, H K L] die op de zelfde grondlijn [A I], of op gelijke grondlijnen [A I, H L], en onder de zelfde evenwijdige lijnen B K en A L staan, *en dus* even hoog zijn, hebben gelijken inhoud, of zijn gelijkhaltig.

EUCL. I. 37. — St. I. 26, 27. — L. G. III. 2. Cor.

BEREIDING. Men vult de  B I, C I, G L, aan.

BEWIJS. Het wordt uit het XI. Voorstel van dit Boek, en het I. Gevolg van het XXXI. Voorstel van het I. Boek ontleend.

I. AANMERKING. De reden van de gevolgtrekking *en dus* blijkt uit Bep. IV. Gev. .

II.

60 *II. Beck: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

**II. AANMERKING.** Fig. 51. Men bewijst gemakkelijk uit het ongerijmde, het *omgekeerde* van dit voorstel; te weten, dat „driehoeken die op de zelfde grondlijn, of op gelijke „grondlijnen aan den zelfden kant gesteld zijn, en gelijken „inhoud hebben, tuschen de zelfde evenwijdige lijnen „staan.”

EUCL. I. 39, 40.

**I. GEVOLG.**

De inhoud van een driehoek is de helft van den inhoud van een regthoek die op de zelfde, of op gelijke, grondlijn staat, en de zelfde hoogte heeft (Voorst. XI. *Gev. 1. en 2.*). Zoo dat de *regthoeken ook de eigenaartige maat zijn van driehoeken, even als van parallelogrammen.*

St L. 28.

**III. AANMERKING.** Wij zullen breeder over die maat handelen in het IV. Boek, Voorstel IX. *Gev. 1, 5, 6.*

**IV. AANMERKING.** Men kan nu oplossen uit het II. Boek, Werkstuk XII. tweede gedeelte: Werkstuk XXI. en XXIX.

**II. GEVOLG.**

Van twee driehoeken, die de zelfde hoogte hebben, is die de grootste, welke op de grootste grondlijn staat: en insgelijks, indien de grondlijnen gelijk zijn, is die driehoek de grootste waarvan de hoogte de grootste is.

**III. GEVOLG.**

Indien de hoogte van een driehoek een bepaald deel is van de hoogte van een' anderen driehoek, de grondlijnen de zelfde zijnde: of de grondlijn van den eenen een bepaald gedeelte is van die des anderen, de hoogte de zelfde zijnde: zal de eerste driehoek het zelfde bepaald gedeelte zijn van den tweeden, als de hoogte van de hoogte, of de grondlijn van de grondlijn (*1. Gev. en I. Voorst. **Gev. 3.***).

**V. AANMERKING.** Men kan nu oplossen het XIII. Werkstuk van het II. Boek.

**XIV.**

XIV. VOORSTEL. Fig. 52.

In alle parallelogrammen [ABDC] hebben de aanvulsels [AFGH, GEDI] om de diagonaal gelijken inhoud.

EUCL. I. 43. — St. I. 30.

BEWIJS. Uit I. 21. Gev. toegepast eerst op de  $\Delta\Delta$  CAB, BCD, dan op de  $\Delta\Delta$  GFB en BGE, HGC en CGI.

AANMERKING. Op dit voorstel steunt de oplossing van alle de Werkstukken waarin op eene gegeven lijn een parallelogram, regthoek, of driehoek gesteld moet worden, die gelijk zij aan eenige andere regtlijnige figuur. En reeds nu kan men uit het II. Boek, het XIV, XV, XVI, XXIII en XXIV. Werkstuk oplossen.

XV. VOORSTEL. Fig. 55a.

De inhoud van een *trapezium*, of ongeschikten vierhoek [ECAB], waarvan twee zijden [AC, EB] onderling evenwijdig zijn, is gelijk aan den halven regthoek uit de som der evenwijdige zijden [CA, EB] en de loodlijn [CD] tuschen dezelve nedergelaten.

BEREIDING. Men trekt de LL CD, AF, die gelijk zijn.

BEWIJS. Uit de beschouwing dat het *Trapezium* ECAB  $\propto \Delta$  ECD +  $\square$  CAFD +  $\Delta$  FAB: en derhalve [Voorst. XI. en Gev. 2.]  $\propto = \frac{1}{2}$  Rh uit ED, DC + Rh uit DF, CD +  $\frac{1}{2}$  Rh uit FB, DC: d. i. Voorst I. *Trapezium* ECAB  $\propto \frac{1}{2}$  Rh uit CD en [CA + EB]  $\propto$  Rh uit CD en  $\frac{1}{2}$  [CA + EB].

I. AANMERKING. Dit voorstel wordt bij PAPPUS vooronderstelt in zijne *Lemmata* over APOLLONIUS I. B. Lem. 8.

II. AANMERKING. Indien het *trapezium* regthoekig ware zoude AF bijv. met AB overeenkomen, en CD = AF zijn; waaruit voortvloeit dit

GEVOLG. Fig. 55b.

De inhoud van een *regthoekig trapezium* [CEFA], is gelijk aan dien van een regthoek, waarvan de grondlijn die van het *trapezium* is, en de andere zijde de halve som der regthoeks-zijden in het *trapezium*.

St. I. 37. — L. G. III. 7.

AAN-

62 II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.

AANMERKING. In IV. 9. Gevolg 8. zal dit gevolg op eene andere wijze uitgedrukt worden.

● XVI. VOORSTEL. Fig. 63.

In alle regthoekige driehoeken is het vierkant [DB] van de schuinsche zijde, of *hypotenuza* [AB], gelijk aan de som der vierkanten [BG en CI] van de beide overige zijden [BC en AC].

EUCL. I. 47. — St. I. 32. — L. G. III. 11.

BEREIDING. Men stelt dat de lijn CLK, uit den regten hoek C, evenwijdig aan AD of BE, en dus L op AB, getogen is: en men trekt de lijnen CD, CE, AF, BI.

BEWIJS. Men bewijst uit I. 21. dat de driehoeken BAI en DAC gelijk zijn, zoo als ook de driehoeken ABF en EBC: en vervolgens uit het 1. Gevolg van het III. Voorstel van dit Boek, dat  $\square AK \propto \square IC$  en  $\square KB \propto \square BG$ . Waar uit door het 1. Gevolg van het I. Voorstel het besluit volgt.

I. AANMERKING. Dit Voorstel wordt het Voorstel of het *Theorema* van PYTHAGORAS genoemd, en het is algemeen onder dien naam bekend. Men kan het zelve zeer gemakkelijk uit de leer der gelijkvormige driehoeken bewijzen, zoo als wij in het IV. B., Voorstel XV., 3 Aanm. doen zullen.

II. AANMERKING. Dit Voorstel is slechts een bijzonder geval van een algemeener Voorstel, alle driehoeken, hoe ook genaamd, betreffende: het welk door PAPPUS in zijne *Collectiones mathematicae* (Lib IV. pr. 1) opgegeven, en door den beroemden CASTILLON merkelyk vermeerderd is: zie de schoone verhandeling van den laatstgemelden in *Mem. de l'Acad. de Berlin* Ao. 1766. p. 351. Wij zullen dit Voorstel in ons XX. Voorstel opgeven.

III. AANMERKING. Dit Voorstel geeft het middel op door PYTHAGORAS gevonden, en door VITRUVIUS voorgedragen (*Archit.* IX. Cap. 2.), om de juistheid eens *winkelhaaks* te beproeven. Men neme, van den top des regten hoeks af te beginnen, op het eene been eenen afstand van vier, en op het ander eenen afstand van drie deelen, beide op eene goede plein schaal gemeten. Men stelle den passer op de uiteinden dier twee afstanden of lijnen; de passer moet, zoo de *winkelhaak* juist is, eene lengte van vijf deelen bespannen. Wij zullen in de IV. Aanmerking op het VII. Voor-

## *II. Afd.: Over den inhoud van parallelogr. en drieh. 63*

Voorstel van het V. Boek nog een ander middel daartoe opgeven.

IV. AANMERKING. Men kan nu uit het II. Boek der Werkstukken oplossen het XXV, XXVII en XXVIII. Werkstuk.

### I. GEVOLG.

Het vierkant van eene der zijden  $[AC]$  van een regthoekigen driehoek, is gelijk aan den regthoek begrepen onder de schuinsche zijde  $AB$ , en dat stuk  $[AL]$  van de schuinsche zijde dat door de loodlijn  $[CK]$  uit den regten hoek nedergelaten, afgesneden wordt, en aan de gemelde zijde  $[AC]$  grenst.

*EUCL. X. Lemma I. van de 34. propositie.*

V. AANMERKING. Dit ligt reeds in het bewijs zelf van dit Voorstel opgesloten, en wordt hier nu maar in woorden uitgedrukt. Het zelfde kan uit de leer der gelijkvormige driehoeken, en ook uit het voorstel van *PTOLEMAEUS* afgeleid worden: zie IV. 15. *Gev. 2* en VI. 7. *Aanm. 4.*

### II. GEVOLG.

In alle regthoekige driehoeken is het vierkant van eene der regthoeks-zijden gelijk aan het verschil der vierkanten op de schuinsche en op de andere regthoeks-zijde: *en dus* gelijk aan den regthoek begrepen onder de som en het verschil van de schuinsche en die regthoeks zijde.

*L. G. III. 11. *Gev. 1.**

AANMERKING De reden van de gevolgtrekking, *en dus*, blijkt uit het X Voorstel.

### III. GEVOLG.

De regthoek uit de schuinsche zijde  $[AB]$ , en een van hare stukken  $[AL]$ , is gelijk aan den regthoek uit de som en het verschil dier zelfde schuinsche zijde  $[AB]$ , en dier regthoeks-zijde  $[CB]$  welke aan het ander stuk  $[LB]$  grenst. (uit *Gev. II. en I.*).

### IV. GEVOLG. Fig. 22 en 23.

Indien twee regthoekige driehoeken  $[ABC, ABD]$  dezelfde hoogte hebben, zijn 1°. de sommen van de vierkanten der schuinsche zijde in den eenen en der grondlijn in

64 *II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

in den anderen gelijk ( $\square$  op  $AD + \square$  op  $BC \propto \square$  op  $AC + \square$  op  $DB$ ) en  $2^o$ . De verschillen der vierkanten van de schuinsche zijden, en der vierkanten van de grondlijnen zijn ook gelijk: (d. i.  $\square$  op  $AD - \square$  op  $AC \propto \square$  op  $BD - \square$  op  $BC$ ).

**VI. AANMERKING.** Het tweede gedeelte van dit Gevolg kan ook uitgedrukt worden, gelijk in dit

**V. GEVOLG.** Fig. 22, 23.

In alle driehoeken  $[ACD]$  is het verschil der vierkanten op twee zijden  $[DA, CA]$  gelijk aan het verschil der vierkanten van die beide stukken  $[DB, BC]$  die op de grondlijn  $[DC]$  (zoo noodig verlengd) gemaakt worden door de loodregte lijn  $[AB]$  uit den top  $[A]$  op die derde zijde, of grondlijn, getogen: en *dus* ook aan den regthoek onder de som en het verschil van gemelde stukken begrepen.

**VII. AANMERKING.** De reden van de gevolgtrekking, en *dus*, blijkt uit het X. Voorstel.

**IX. AANMERKING.** Dit vijfde gevolg is reeds door PAPPUS (*Coll. Mathem.* VII. 120.) opgegeven: en daar hij alleen spreekt van het geval [fig. 23.] waarin de loodlijn  $AB$  binnen den  $\Delta CAD$  valt, voegt hij er bij: na  $CD$  in twee gelijke deelen in  $F$  gesneden te hebben, dat „het verschil der beide vierkanten twee malen den regthoek uit  $CD$  en  $BF$  (verschil tuschen  $BD$  en de helft van  $CD$ ) bedraagt:” en in de daad regthoek uit  $[BD + BC]$ , of  $CD$  en  $[BD - BC]$  is  $\propto$  Rh. uit  $CD$  en  $[DF + BF - CF + BF]$ : of, om dat  $DF = CF$ , Rh uit  $CD$  en  $[BD - BC] \propto 2$  Rh uit  $CD$  en  $BF$ .

**VI. GEVOLG.**

In eenen regthoekigen gelijkbeenigen driehoek is het vierkant op de schuinsche zijde het dubbeld van het vierkant op de regthoekzijde.

**L. G. III. 11. Gev. 2.**

**X. AANMERKING.** Dit is het geval voor de diagonaal eens vierkants ten opzichte der zijde.

**XVII.**

XVII. VOORSTEL. Fig. 64.

Indien in eenigen driehoek  $[DEH]$ , de vierkanten van twee zijden  $[DH, HE]$  te samen genomen gelijkhaltig zijn aan het vierkant op de derde, is die driehoek regthoekig: en de rechte hoek wordt door beide de zijden, wier vierkanten men samenelt, begrepen.

EUCL. I. 48.

BEREIDING. Men vooronderstelt  $HI \perp$  aan  $DH$  en  $I$  op  $EH$ , en men trekt  $EI$ .

BEWIJS. Door dit Voorstel, en I. 26.

AANMERKING. Dit kan ook uit het ongerijmde bewezen worden.

XVIII. VOORSTEL. Fig. 65.

Indien men uit den regten hoek  $[C]$  van eenen regthoekigen driehoek  $[ACB]$  eene loodrechte lijn  $[CL]$  laat vallen op de schuinsche zijde  $[AB]$ ; zal het vierkant van die loodlijn  $[CL]$  gelijkhaltig zijn aan den regthoek onder de stukken  $[BL, AL]$  van de schuinsche zijde begrepen: en omgekeerd,

Indien in eenen driehoek, het vierkant van de loodlijn,  $[CL]$  uit eenen der hoeken  $[ACB]$  op de tegenovergestelde zijde  $[AB]$  neder gelaten, gelijkhaltig is aan den regthoek van de stukken  $[AL, LB]$  die daardoor op die zijde gemaakt worden, is de gemelde hoek altijd een rechte hoek.

EUCL. X. Lemma van de 34 propositie.

BEWIJS. Uit het 2 Gevolg van het XVI. Voorstel, uit dat voorstel zelve, en dan uit het II. alle van dit Boek.

BEWIJS. Voor het omgekeerde, of uit het ongerijmde door dit Voorstel: of ook regstreeks door Voorstel XVI. op beide de  $\Delta\Delta BCL$  en  $CLA$  toegepast, door de onderstelling, Voorstel III. en IV. alle uit dit Boek.

I. AANMERKING. Dit voorstel kan ook uit de eigenschappen van den cirkel, of uit die van de gelijkvormige driehoeken bewezen worden, zoo als wij in het V. Boek, VII. Voorstel, 1. Gevolg, en in het IV. Boek, XV. Voorstel, 1. Gevolg, doen zullen.



66 II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.

II. AANMERKING. Dit voorstel is het I. *Lemma* van PAP-  
PUS op het vijfde Boek van APOLLONIUS: die Schrijver  
voegt er bij, „ dat zoo het gemelde vierkant der lood-  
„ lijn kleiner is dan de regthoek der deelen welke zij  
„ van de tegehoovergestelde zijde afsnijdt, de hoek stomp  
„ zal zijn; maar scherp zoo dat vierkant grooter is;”  
het geen gemakkelijk bewezen wordt: want indien  $\square$   
op  $cL < \square$  uit  $BL, LA$ , zal het vierkant op eene  
grootere lijn  $CL$  daaraan gelijk zijn, en derhalve eenen  
regten hoek maken: nu is  $\angle BcA > \angle BCA$  [I. 20.] en  
derhalve stomp. Indien  $\square$  op  $c'L > \square$  uit  $BL, LA$ ,  
zal het vierkant op eene kleinere lijn  $cL$  daaraan vol-  
doen, en derhalven eenen regten hoek  $BCA$  maken: nu  
is [I. 20.]  $\angle Bc'A < \angle BCA$ , en dus scherp.

GEVOLG.

De lijn  $[CH]$ , die uit den regten hoek eens driehoeks  
 $[BCA]$  op de schuinsche zijde getrokken, deze in twee  
gelijke deelen  $[BH = HA]$  deelt, is gelijk aan de halve  
schuinsche zijde: en omgekeerd: indien de lijn  $[HC]$  uit  
het midden eener zijde  $[BA]$  van eenen driehoek naar den  
overstaanden hoek  $[BCA]$  getrokken, aan de helft dier zij-  
de gelijk is, is die hoek  $[BCA]$  regt.

BEWIJS.  $\square$  op  $CL \propto \square$  op  $CH - \square$  op  $LH$  [XVI.  
Gev. 2.] maar (door dit Voorstel)  $\square$  op  $CL \propto Rh.$  uit  
 $BL, LA$ : derhalve  $\square$  op  $CH - \square$  op  $LH \propto Rh.$  uit  
 $BL, LA \propto Rh.$  uit  $[BH - HL]$  en  $[BH + HL] \propto$   
 $[X] \square$  op  $BH - \square$  op  $LH$ ; derhalve  $\square$  op  $CH = \square$   
op  $BH$ : en  $CH = BH = HA$ .

BEWIJS. voor het omgekeerde. Trek uit  $C$ ,  $CL \perp AB$ ;  
Dan is [XVI. Gev. 2.]  $\square$  op  $CL \propto \square$   $CH - \square$  op  
 $LH \propto \square$  op  $AH - \square$  op  $LH \propto Rh.$  uit  $[AH + LH]$   
en  $[AH - HL] \propto Rh.$  uit  $AL$  en  $LB$ : derhalve uit  
het omgekeerde van dit voorstel  $\angle ACB$  regt.

III. AANMERKING. Men kan thans het XVI. en XX. Werkstuk  
van het II. Boek oplossen.

XIX. VOORSTEL. Fig. 66.

In alle driehoeken, is het vierkant van eene zijde  $[AB]$   
grooter of kleiner dan de som der vierkanten op de grond-  
lijnen

## II. Afd.: Over den inhoud van parallellogr. en drieh. 67

lijn  $[AC]$  en de derde zijde  $[BC]$ , naar mate de hoek  $[ACB]$  over de eerstgemelde zijde  $[AB]$  stomp, of scherp is; en het verschil is de dubbele rechthoek van de geheele grondlijn  $[AC]$  en het stuk  $[DC]$  van dezelve, begrepen tusschen den gemelden hoek en de loodlijn  $[BD]$  uit den tegenoverstaanden hoek  $[CBA]$  getogen.

EUCL. II. 12, 13. — ST. II. 8<sup>e</sup>, 9. — L. G. III. 12, 13.

BEWIJS. Uit het XVI. Voorstel neemt men in den driehoek  $DBA$  de waarde van het vierkant op  $AB$ : vervolgens uit het 2 Gevolg van dat Voorstel, in den driehoek  $DBA$  die van het vierkant op  $BD$ : en dan uit het 2 Gev. van het X. Voorstel de waarde van het verschil der vierkanten op  $AD$  en  $DC$ .

I. AANMERKING. Indien de  $\angle BCA$  recht was, viel de loodlijn  $BD$  op  $BC$ : en men kreeg wederom het XVI. Voorstel: het stuk  $DC$  als dan *nul* wordende, is de overmaat, of het te kort schietende van het  $\square$  op  $AB$  bij de som der vierkanten op  $AC$  en  $CB$ , ook *nul*.

II. AANMERKING. Uit het XVI. Voorstel van het I. Boek volgt, dat in het eerste geval de loodlijn  $BD$  buiten, in het tweede binnen den driehoek valt: en dus dat het tweede gedeelte van het Voorstel, ook voor rechthoekige en stomphoekige driehoeken plaats heeft, mits de *hypotenusa*, of schuinsche zijde, als de grondlijn aangezien, en dus de loodlijn uit dien rechten of stompen hoek getogen worde.

III. AANMERKING. Het XVI. Voorstel, of het *Theorema Pythagoricum* is eigenlijk een bijzonder geval van die XIX: en dit laatstgemelde kan echter uit de vorige voorstellen niet bewezen worden, zonder het eerstgemelde, Zoo dat men ook hier de waarheid bevestigd vindt van het geen 's GRAVESANDE, te regt, in zijne *Logica* §. 1099, als eenen stelsregel heeft voorgedragen: te weten, „ dat men dikwerf een algemeen voorstel niet bewijzen kan, zonder alvorens een bijzonder geval van het zelve bewezen te hebben.” Wij zullen in het vervolg vele voorbeelden van die waarheid aantreffen, en doen opmerken.

Intusschen is dit voorstel, even als dat van PYTHAGORAS, maar een bijzonder geval van zeker *Theorema* van PAPPUS dat wij achter dit voorstel in eene algemeene Aanmerking zullen opgeven.

IV. AANMERKING. Dit Voorstel, te weten, dat in alle driehoeken [fig. 66.]  $\square$  op  $AB$   $\pm$   $\square$  op  $AC$   $\pm$   $\square$  op  $BC$   
 $E$   $\pm$   $\pm$

$\pm 2$  Rh. uit AC, CD, is een der gewigtigſte uit de geheele Meetkunde, gelijk in het vervolg blijken zal: en er kunnen verſcheide beſluiten uit afgeleid worden, naar mate de  $\Delta CAB$  geſteld is. Indien dezelve gelijkbeenig ware, en wel zoo, dat de beenen CB en BA gelijk waren, zoude de loodlijn BD op het midden van AC vallen, [I. 27. Gev. 4.] en het voorſtel zoude geven,  $\square$  op AB  $\propto$   $\square$  op BC  $+$   $\square$  op AC  $- 2$  Rh. uit AC en  $\frac{1}{2}$  AC  $\propto$   $\square$  op BC  $+$   $\square$  op AC  $- \square$  op AC  $\propto$   $\square$  op BC. Indien de driehoek ABC gelijkbeenig ware, doch zoo dat [fig 67.] AC = AB dan zoude men hebben  $\square$  op BC  $\propto$   $\square$  op AC  $+$   $\square$  op AB  $- 2$  Rh. uit AB, AD  $\propto 2$   $\square$  op AB  $- 2$  Rh. uit AB, AD  $\propto 2$  Rh. uit AB en [AB - AD]  $\propto 2$  Rh. uit AB, CD: dat is  $\frac{1}{2}$   $\square$  op BC = Rh uit AC, CD, het geen dit gevolg oplevert, reeds door PAPPUS bewezen in zijne *Collec. Mathem.* V. 25. *Theor.* 1.

## GEVOLG.

Indien men in eenen gelijkbeenigen driehoek uit het uiteinde van een der beenen [AB] eene loodlijn [BD] neerlaat op het ander been [AC]; is de helft van het vierkant op de derde zijde [BC] gelijkhaltig aan den regthoek uit het been [AC] waarop de loodlijn is neergelaten, en het ſtuk tuiſſchen die loodlijn [BD] en de derde zijde [BC] begrepen.

## ALGEMEENE AANMERKING over het XVI. en het XIX. Voorſtel.

Wij hebben in de eerſte aanmerking op beide de Voorſtellen gezegd, dat zij een bijzonder geval zijn van een uitmuntend voorſtel door PAPPUS voorgedragen, en door CASTILLON verder uitgebreid, welke daarenboven heeft aangetoond, het geen door PAPPUS niet gedaan was, hoe beide de gemelde voorſtellen daaruit afgeleid kunnen worden. Het voorſtel van PAPPUS, hoewel eenvoudig, en reeds door CLAVIUS op EUCLIDES I. 47. N<sup>o</sup>. 7. voorgedragen, is weinig bekend. Wij zullen het om die reden hier opgeven.

XX VOORSTEL. *Theorema van PAPPUS.* Fig. 69.

Indien men op twee zijden AB, BC, van eenigen driehoek parallelogrammen AEDB, FB CG, naar welgevallen, beſchrijft; en uit het ſtip H waar de zijden ED, GF, dier parallelogrammen, verlengd zijnde zich veréénigen, door den top B van den driehoek eene lijn HBI tot op de grondlijn des driehoeks trekt, alwaar zij met dezelve eenen bepaalden hoek HIC maakt: zal, indien de gemelde lijn binnen den drie-

## II. Afd.: Over den inhoud van parallelogr. en drieh. 69

driehoek valt, het parallelogram  $AKLC$ , gemaakt uit de grondlijn  $AC$  en de lijn  $BH$  onder den gemelden hoek  $HIC$ , gelijken inhoud hebben als de som der parallelogrammen  $AEDB$ ,  $CBFG$ , op de zijden des driehoeks beschreven.

**BERRIDING.** Men trekke de lijnen  $AK$  en  $CL$  evenwijdig aan  $IH$ : verder  $KL$ , welke  $HI$  in  $M$  snijdt

**BEWIJS.** Uit I. 31 is  $EA = DB$ :  $\angle E = \angle HDB$ : en uit de bereiding  $\angle EKA = \angle DHB$ : derhalve is in de  $\Delta\Delta DHB$  en  $EKA$ ,  $KA = BH$ . Om de zelfde reden is  $LC = HB$ : derhalve  $KA =$  en  $// LC =$  en  $// MI$ : en dus [I. 30.] is  $KLCA$  een parallelogram; en wel het parallelogram in het voorstel bedoeld.

Maar (uit Voorst XI) is  $\square AEDB \propto \square AKHB$  en  $\square AKHB \propto \square AKMI$ : gevolgelyk  $\square AEDB \propto \square KMIA$ . Insgelyks  $\square CGFB \propto \square IMLC$ : en dus  $\square AEDB + \square CGFB \propto \square KMIA + \square IMLC \propto \square AKLC$ .

**I. AANMERKING.** Wanneer de lijn  $HI$  niet binnen, maar [fig. 70.] buiten den driehoek  $ABC$  valt, is  $\square AKLC \propto \square CGFB - \square AEDB$ : een geval waar mede CASTILLON het voorstel van PAPPUS verrijkt heeft.

**I. GEVOLG.** Fig. 69.

$$\angle KAC = \angle KAB + \angle BAC = \angle BAC + \angle ABI.$$

**II. AANMERKING.** Als de lijn  $BI$  buiten den  $\Delta ABC$  valt [Fig. 70.]: is  $\angle KAC = \angle BAC - \angle BAK = \angle BAC - \angle ABI$ .

**II. GEVOLG.** Fig. 71.

*Toepassing op het Theorema van PYTHAGORAS.*

Zij  $\Delta ABC$  regthoekig in  $B$ . Men beschrijve op  $AB$  en  $BC$  de  $\square\square AEDB$  en  $CGFB$ : Men verlange  $ED$  en  $GF$ , tot dat zij elkander in  $H$  ontmoeten: dan is  $\angle DHF$  regt, en figuur  $DHFB$  is een regthoek, waar van  $HB$  de diagonaal.

Men verlange  $HB$  tot in  $I$  en trekke  $AK$  en  $CL // HI$  vervolgens  $KL$ ; dan is [I. 22.] in de  $\Delta\Delta LCG$  en  $HBF$ ,  $LG = HF$  en dus  $LG = DB = AB$ ; verder is  $GC = BF = BC$ . Gevolgelyk is in de  $\Delta\Delta LCG$  en  $ABC$  [I. 21.]  $LC = AC = AK = KL$ : en  $\angle LCG = \angle BCA$ : maar  $\angle LCG + \angle BCL = L$ : derhalve  $\angle BCA + \angle BCL$  dat is  $\angle LCA = L$ : de figuur  $AKLC$  is derhalve een vierkant: men heeft dan door het voorstel van PAPPUS, dat is door dit ons XX Voorstel:

## XXI. VOORSTEL. Fig. 67.

Indien men uit de twee hoeken A en C, die aan de uiteinden van de zelfde zijde [AC] eens driehoeks ABC grenzen, loodlijnen [AE, CD] op de tegenovergestelde zijden trekt, zijn de regthoeken, begrepen onder die zijden [AB, CB] en derzelver stukken [BD, BE] welke aan den zelfden hoek [B] grenzen, gelijkhaltig.

BEWIJS. Uit Voorst. XIX. met het vierkant op AC te nemen in  $\Delta ACB$  als AD, en dan nog eens als AE de loodlijn is.

I. AANMERKING. Indien de  $\angle ACB$  regt is, is regthoek uit AB,  $BD \propto \square CB$ , zoo als wij zulks reeds in het XVIII. Voorstel bewezen hebben, en in het IV. Boek XV. Voorstel, 2 Gevolg, uit de leer der gelijkvormige driehoeken nog bevestigen zullen.

II. AANMERKING. Over die lijnen zal nader gehandeld worden in IV. 14.

## XXII. VOORSTEL. Fig. 67.

Indien men uit den top C eens driehoeks [ACB] op de tegenovergestelde zijde [AB] eene lijn [CH] trekt, welke die zijde in twee gelijke deelen [ $AH = HB$ ] snijdt; is het vierkant van die lijn [CH] te samen met het vierkant van de halve grondlijn [AH] gelijkhaltig met de halve som der vierkanten van de twee overige zijden [CA en CB].

L. G. III. 14.

BEWIJS. Door het XIX. Voorstel, nemende eerst in  $\Delta ACH$  het  $\square$  op CA; en dan in  $\Delta BCH$  het  $\square$  op CD: waaruit volgt

$$\square \text{ op } CH + \square \text{ op } AH \propto \frac{\square \text{ op } AC + \square \text{ op } CB}{2}$$

AANMERKING. Dit voorstel is reeds opgegeven door SERENUS *de Sectione Coni*, Voorst. XVI en door PAPPUS *Coll. Mathem.* VII. 122. BEAUFORT heeft het op nieuw voorgedragen in de *Mém de l'Acad. des Sciences*, 1723. bl. 79. alwaar hij het zelve uit eene eigenschap des cirkels (zie V. 15.) zonder het *Theorema Pythagoricum* te gebruiken, bewijst: het welk hij in tegendeel daaruit, op eene vernuftige wijze, afleidt: gelijk mede ons XXIII Voorstel. Men zie verder over die lijnen, IV. 13.

## GEVOLG.

$$\frac{\square \text{ op } AC + \square \text{ op } CB}{2} - \square \text{ op } CH \propto \square \text{ op } AH = \frac{1}{4} \square \text{ op } AB.$$

d. i.

Indien uit den top eens driehoeks op de overstaande zij-

## II. Afd.: Over den inhoud van parallelogr. en drieh. 73

zijde eene lijn wordt neder gelaten, welke die zijde in twee gelijke deelen deelt, is het vierde gedeelte van het vierkant dier zijde gelijkhaltig aan het verschil van de helft der som van de vierkanten op de twee overige zijden, en het vierkant der neder gelaten lijn.

### XXIII. VOORSTEL. Fig. 40.

In alle parallelogrammen  $[ABCD]$  is de som der vierkanten van beide de diagonalen  $[BC, AD]$  gelijk aan de som der vierkanten van de vier zijden  $[AB, BD, DC, AC]$ .

St. II. 10. — L. G. III. 14. Gev.

BEWIJS. Uit I. 26. en uit Voorstel XIX.

I. AANMERKING. Indien het parallelogram eene ruit, of een vierkant is, is de som der vierkanten van beide de diagonalen het viervoud van het vierkant op eene der zijden.

II. AANMERKING. Dit Voorstel is ook opgegeven door LAGNY, *Mem. de l'Acad. des Sciences*, 1706 bl. 319: en er volgt uit, dat indien men in eene ruit eene der diagonalen en eene zijde kent, men de andere diagonaal vinden kan.

### XXIV. VOORSTEL. Fig. 54.

Indien men in eenen regthoek  $[ACEG]$ , of in een vierkant, een stip I naar welgevallen neemt, van het welk men regte lijnen  $[IA, IC, IE, IG]$  naar de hoeken trekt: zullen de sommen der vierkanten op de lijnen, die naar de tegenovergestelde hoeken getrokken worden, gelijk zijn: dat is,  $\square \text{ op } AI + \square \text{ op } IE \propto \square \text{ op } IC + \square \text{ op } IG$ .

BEWIJS.  $\square \text{ op } GI - \square \text{ op } IE \propto \square \text{ op } HI - \square \text{ op } ID \propto \square \text{ op } AI - \square \text{ op } IC$ : waar uit volgt  $\square \text{ op } GI + \square \text{ op } IC = \square \text{ op } IE + \square \text{ op } AI$ .

### XXV. VOORSTEL. Fig. 68a.

Indien men op eene lijn  $[AB]$  in twee gelijke deelen gedeeld (in L) eenen regthoekigen driehoek  $[AGB]$  stelt, waar van de andere regthoekszijde  $[BG]$  gelijk is aan de helft van de gegeven lijn: verder van de schuinsche zijde  $[AG]$  des driehoeks een stuk  $[GH]$  affnijdt gelijk aan de helft van de gegeven lijn, of aan de tweede regthoekszijde  $[HG = BG]$ ; en eindelijk op de gegeven lijn een stuk  $[AC]$  neemt gelijk aan het overschot  $[AH]$  der schuinsche zijde: zal die lijn  $[AB]$  zoodanig [in C] gesneden zijn: dat het vierkant van het grootste stuk  $[AC]$  gelijkhaltig zal zijn aan den regthoek ge-  
E 5 maakt

74 *II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

maakt uit de geheele lijn  $[AB]$  en het andere, of kleinste, stuk  $[BC]$ .

D. G. §. 378.

BEWIJS. Uit XVI. is  $\square$  op  $AG \infty \square$  op  $AB + \square$  op  $BG \infty \square$  op  $AB + \frac{1}{2} \square$  op  $AB$ : en door III. is  $\square$  op  $AG \infty \square$  op  $AH + \square$  op  $HG + 2 \text{ Rh. uit } HG, AH \infty \square$  op  $AH + \frac{1}{2} \square$  op  $AB + \text{Rh. uit } AH, AB$ : derhalve,  $\square$  op  $AB + \frac{1}{2} \square$  op  $AB \infty \square$  op  $HA + \frac{1}{2} \square$  op  $AB + \text{Rh. uit } AH, AB$ : gevolgelijk  $\square$  op  $AB \infty \square$  op  $HA + \text{Rh. uit } AH, AB \infty \square$  op  $AC + \text{Rh. uit } AB, AC$ : en  $\square$  op  $AB - \text{Rh. uit } AB, AC \infty \square$  op  $AC$ : en (door II. en Bep. 5. Gev. 2.)  $\text{Rh. uit } AB$  en  $[AB - AC] \infty \square$  op  $AC$ : d. i.  $\square$  op  $AC \infty \text{Rh. uit } AB$  en  $BC$ .

AANMERKING. Het blijkt hieruit, hoe men te handelen hebbe om eene lijn zoodanig te snijden dat het vierkant van het grootste stuk gelijkhaltig zij aan den regthoek uit de geheele lijn en het kleinste stuk: of, zoo als wij ons in de 4 Bepaling van het IV. Boek zullen uitdrukken, *in uiterste en middelste rede*: het geen het onderwerp is des X. Werkstuks in het I. Boek.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 68.

Indien eene lijn  $[AB]$  in twee deelen zoodanig gedeeld is, dat het vierkant van het grootste stuk  $[AC]$  gelijkhaltig is aan den regthoek van het kleinste stuk  $[BC]$  en de geheele lijn  $[AB]$ ; en men uit het stip van snijding  $C$  eenen Cirkel trekt waar van het grootste stuk de *radius* is, en uit het ander eind  $[A]$  van het grootste stuk  $[AC]$  met eenen straal  $[AD]$  gelijk aan de geheele lijn  $[AB]$  eenen anderen cirkelboog trekt die den eerstgemelden snijdt [in  $D$ ]; en verder uit dat stip van snijding lijnen  $[DA, DB, DC]$  naar de uiteinden  $[A, B]$  en het snijpunt  $[C]$  van de gegeven lijn; zal men twee gelijkeenige driehoeken verkrijgen: in welke beiden de hoeken op de grondlijn het dubbeld zullen zijn van dien in den top; de beenen van den grooten driehoek  $[BAD]$  zullen gelijk zijn aan de gegeven lijn; en die van den kleinen gelijk aan derzelve grootste stuk  $[AC]$ .

St. II. 12.

BEREIDING. Zij  $DE \perp$  op  $BC$ .

BEWIJS. Uit XIX. toegepast op  $AD$ , (en dus op  $AB$ ) in  $\triangle ACD$ ; vervolgens uit III. toepast op  $AB$  gedeeld in  $C$ : men leidt er uit af dat  $BE = EC$  en dus [I. 27. Gev. 4.]  $BD = CD = AC$ . Vervolgens uit I. 15, dat  $\angle BCD = 2 \angle A$ : en  $\angle B = 2 \angle BDC$ .

I.

## II. Afd.: Over den inhoud van parallelogr. en drieh. 75

### I. GEVOLG.

Hier uit volgt dat  $\angle BDC \cong \angle CDA$ , of dat  $\angle BDA$ , door de lijn  $DC$ , in twee gelijke deelen gedeeld worden.

### II. GEVOLG.

Hier uit volgt ook dat, zoo in een' gelijkbeenigen driehoek de hoek op de grondlijn dubbeld is van dien in den top, de lijn  $[CD]$ , welken de eerstgemelden hoek in twee gelijke deelen snijdt, de overstaande zijde  $[AB]$  zoodanig snijden zal, 1. dat het vierkant van het grootste stuk gelijk zal zijn aan den regthoek van de geheele lijn, en het kleinste stuk, 2. dat het grootste stuk gelijk zal zijn aan de grondlijn.

### III. GEVOLG.

De hoeken op de grondlijn zullen in zoodanigen driehoek gelijk zijn aan  $\frac{4}{3} L$ , en de hoek in den top aan  $\frac{2}{3} L$ .

### IV. GEVOLG.

Het blijkt uit dit Voorstel, dat het beschrijven van eenen gelijkbeenigen driehoek, waarin de hoeken op de grondlijn het dubbeld zijn van den tophoek, afhangt van het snijden van eene lijn zoodanig dat het vierkant van het eene stuk gelijk is aan den regthoek uit de geheele lijn en het ander stuk.

**AANMERKING.** Men kan nu het XI. Werkstuk uit het II. Boek oplossen, nam. de 2. oplossing.

### XXVII. VOORSTEL. Fig. 68.

Indien een gelijkbeenige driehoek  $[BAD]$  zoodanig gesteld is, dat de hoeken  $[B]$  en  $[ADB]$  op de grondlijn het dubbeld zijn van den tophoek  $[A]$ ; en indien men uit eenen der hoeken  $[D]$  op de grondlijn, op het tegenoverstaand been eene lijn  $[CD]$  trekt die gelijk is aan de grondlijn; zal zij een zoodanig stuk  $[BC]$  van het been afsnijden, dat 1. het overige gedeelte  $[AC]$  gelijk zal zijn aan de grondlijn; 2. dat het vierkant van dat deel gelijkhaltig zal zijn aan den regthoek onder het geheel been  $AB$ , en het eerste stuk  $[BC]$  begrepen; 3. dat in den gelijkbeenigen driehoek  $[BCD]$  door de grondlijn  $[BD]$  van dien gegeven driehoek, en de getrokken lijn  $[DC]$  gemaakt, de hoeken  $[B]$  en  $[BCD]$  op de grondlijn ook het dubbeld zullen zijn van den hoek  $[BDC]$  in den top; en 4. dat die hoek  $[BDC]$  het derde gedeelte is van den uitwendigen hoek  $[ACD]$  gevormd door de getrokken lijn  $[DC]$ , met het been  $[BA]$  waarop zij getrokken is.

**BEREIDING.** Zij  $DE$  loodregt op  $BC$ : en dus (uit I. 27. Gev. 4.)  $BE = EC$  en  $BC = 2 BE$ .

BE-



## 76 II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.

BEWIJS. Van het I. uit het I. 27. en I. 28.

Van het II. uit het XIX. Voorstel van dit Boek: de bereiding: het III. en het I. Voorstel, beiden uit dit Boek.

Van het III. uit het XIX. Voorstel: en uit het 2. Gevolg van het XV. Voorstel van het I. Boek.

Van het IV. uit I. 29. of uit I. 27. en 15.

AANMERKING. Het blijkt dat dit Voorstel het omgekeerde is van het voorgaande.

---

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DE VEELHOEKEN.

#### VIII. BEPALING. Fig. 76.

In alle veelhoeken noemt men *uitspringende* hoeken die [ $\angle$ GHF, FDA, BCA enz.] welke met hunnen top [H, D, C, K] naar buiten staan: en *inspringende* die [ $\angle$ HFD, CAD, CBK, KMQ] wier top [F, A, B] naar binnen gekeerd is.

AANMERKING. Wij zullen geen andere veelhoeken beschouwen dan die wier hoeken alle uitspringende zijn.

#### IX. BEPALING.

Men noemt *inwendige* hoeken van den veelhoek, de hoeken welke deszelfs zijden naar den binnenkant met elkander maken; en *uitwendigen hoek* den hoek dien eene zijde met de verlengde naastgelegen zijde naar buiten maakt.

UITLEGGING. Fig. 75.  $\angle$  EAC,  $\angle$  DCA,  $\angle$  CDF,  $\angle$  DFE,  $\angle$  FEA zijn de *inwendige* hoeken des veelhoeks DCAEF: Maar  $\angle$  ACK,  $\angle$  CDI,  $\angle$  DFG,  $\angle$  FEK,  $\angle$  LAE zijn de *uitwendige*.

AANMERKING. Het is om het even of men voor den uitwendigen hoek, welke de zijden CD. en FD onderling maken, neemt den  $\angle$  CDI, van CD met de verlenging van FD, of den  $\angle$  HDF, van FD met de verlenging van CD: want [I. 5.]  $\angle$  CDI = HDF.

X. BEPALING.

Men noemt *omtrek* van den veelhoek de som van alle zijne zijden.

XI. BEPALING.

Een *geschikte*, of *reguliere*, of *regelmatige*, veelhoek is die, wiens zijden alle gelijk zijn, en gelijke hoeken met elkander maken.

L. G. IV. Bep. 1.

AANMERKING. Fig. 74. Men moet wel op de dubbele voorwaarde in de bepaling begrepen letten: want in eenen veelhoek kunnen alle de hoeken gelijk zijn zonder dat de zijden het zijn, zoo als in den veelhoek  $A G H D E F A$ ; of alle de zijden kunnen gelijk zijn, zoo als in den veelhoek  $C D I M N K C$ , zonder dat de hoeken het zijn: in geen van beide de gevallen is de veelhoek geschikt of regelmatig, zoo als de veelhoek  $A B C D E F$  is, waarin de zijden gelijk zijn, en de hoeken het ook zijn.

Zie CLAVIUS op het IV. Boek van EUCLIDES.

I. GEVOLG.

De gelijkzijdige driehoek en het vierkant kunnen ook tot de geschikte veelhoeken gebragt worden.

II. GEVOLG.

In eenen regelmatigigen veelhoek is de omtrek gelijk aan eene der zijden zoo dikwerf genomen als er eenheden zijn in het getal dat aanduidt uit hoe vele zijden de veelhoek bestaat [Bep. X.].

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 75.

Men kan iederen veelhoek, regelmatig of onregelmatig, waarvan alle de hoeken uitspringende zijn, met uit eenen der hoeken [C] lijnen [EC, CF] naar de overige hoeken te trekken, in zoo vele driehoeken verdeelen als er zijden zijn min twee.

BEWIJS. Immers: tot het vormen van de eersten en laatsten driehoek, worden vier zijden der veelhoeken geschikt, voor alle de overige ééne; waaruit het besluit volgt.

XXIX.

80 *II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.*

af zijn: *dat is*, de loodlijnen [CB, CH, CI enz.] uit dat stip op de zijden getogen zullen alle gelijk zijn.

**BEWIJS.** Het eerste gedeelte volgt uit I. 22.

Het tweede en derde volgt uit het geen in het bewijs van het eerste reeds bewezen is.

Het vierde, uit de gelijkheid der driehoeken BCE, ECH, ICF enz. door I. 22.

**I. AANMERKING.** De reden van de uitlegging, *dat is*, enz, in het 4 gedeelte van het Voorstel, volgt uit I. 11. Gev. 1.

**II. AANMERKING.** Uit het bewezene in N<sup>o</sup>. 2., in N<sup>o</sup>. 4. en in N<sup>o</sup>. 3. van dit Voorstel, volgen deze drie bepalingen, waarvan de eerste ontleend is uit het geen in den cirkel plaats heeft.

**XII. BEPALING.**

*Centrum*, of *Middelpunt*, eens *regelmatischen veelhoeks* is een stip [C] zoodanig gesteld dat de lijnen [CA, CE, CF, enz.] naar de hoeken van den veelhoek getrokken, gelijk zijn, en deze in twee gelijke deelen snijden. Die lijnen zelve dragen den naam van *stralen*, of *radii*.

**AANMERKING.** Indien men dan uit dat middelpunt met zoodanigen straal eenen cirkel trekt, zal deszelfs omtrek de toppen van alle de hoeken des veelhoeks raken.

**XIII. BEPALING.**

De loodlijn [CB of CH, CI] die uit het middelpunt van een *regelmatischen veelhoek* op eene der zijden valt, wordt de *loodlijn* van dien veelhoek genoemd.

**AANMERKING.** Bij de Ouden draagt die lijn den naam van *Apotheme*, d. i. *nedergelaten Lijn*.

**XIV. BEPALING.**

De *gelijkbeenige driehoeken* [ACE, ECF, FCG] waarin een veelhoek door de stralen [CA, CE, CF, CG enz.] gedeeld wordt, dragen den naam van *middelpunts-driehoeken*, en de tophoeken derzelve [ACE, ECF enz.] worden *middelpuntshoeken* genoemd.

**AANMERKING.** De loodlijn verdeelt iederen *middelpuntshoek* in twee gelijke deelen [L. 27. Gev. 4.], waarom de hoeken  
in

In het middelpunt, door den straal en de loodlijn gemaakt, den naam van *halve-middelpunts-hoeken* dragen.

I. GEVOLG.

Ieder *middelpuntshoek* eens regelmatigen veelhoeks is gelijk aan  $\frac{4R}{g}$ , zoo men den regten hoek door  $R$ , en het getal zijden door  $g$  uitdrukt. En de hoek, welken twee zijden eens regelmatigen veelhoeks uitmaken, is gelijk aan  $(g - 2)$  *halve middelpunts-hoeken*.

I. AANMERKING. Het eerste volgt uit het XXXII. Voorstel en I. Gev. 5.: het tweede uit het eerste en I. 15.

II. GEVOLG.

In den regelmatigen zeshoek, is de driehoek door eene zijde en twee *stralen* in het middelpunt gevormd, dat is de *middelpunts-driehoek*, gelijkzijdig.

II. AANMERKING. Dit blijkt uit het I. Gevolg en I. 27. Gev. 3. waaruit het zeer gemakkelijk valt eenen regelmatigen zeshoek op eene rechte lijn te beschrijven.

XXXIII. VOORSTEL. Fig. 79.

Indien men uit de uiteinden  $[K$  en  $H]$  van de grondlijn  $[KH]$  eens regelmatigen vijfhoeks  $[KCBEH]$  lijnen trekt  $[KB, HB]$  naar den top  $[B]$ , zullen deze eenen gelijkbeenigen driehoek  $[KBH]$  uitmaken, waarin de hoeken op de grondlijn  $[BKH$  en  $BHK]$  het dubbeld zullen zijn van dien in den top.

BEREIDING. Men trekke de stralen  $GK, GB, GH$  en verleng  $BG$  tot in  $I$ , welke derhalve [I. 27. Gev. 5.] loodrecht valt op  $KH$ .

BEWIJS. Voor het I. Uit I. 21. op de  $\Delta\Delta BCK$  en  $BEH$  toegepast.

Voor het II. Uit I. 27. Gev. 1. en I. 15.

AANMERKING. Om eenen vijfhoek te beschrijven, of den zelve op eene gegeven lijn te stellen, wordt dus eerst het vervaardigen van een' gelijkbeenigen driehoek, waarvan de hoeken op de grondlijn het dubbeld zijn van dien in den top, vereischt. Het geen naar aanleiding van het XXVI. Voorstel, Gevolg 2. door het X. Werkstuk van het II. Boek geschiedt. Zoodanigen  $\Delta K B K$  dan beschreven zijnde,  
F de,

**§2 II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.**

de, stelt men op ieder van deszelfs beenen KB, HB, eenen gelijkbeenigen  $\Delta$  KCB, HEB, waarvan de beenen KC, CB, BE, EH gelijk zijn aan de grondlijn KH.

**XXXIV. VOORSTEL. Fig. 8o.**

Indien het getal der zijden van eenen regelmatigigen veelhoek *even* is: zullen de beide lijnen, die uit het middelpunt naar de tegenovergestelde hoeken getrokken worden, ééne regte lijn uitmaken: die lijnen zullen den veelhoek in twee gelijke deelen verdeelen, en kunnen dus *diagonalen* genoemd worden: de beide lijnen die uit het middelpunt, loodregt op de tegenovergestelde zijden getrokken worden, zullen ook ééne lijn uitmaken, en den veelhoek in twee gelijke deelen deelen: dit zelfde heeft ook plaats voor iedere lijn, die door het middelpunt getrokken wordt: en eindelijk zullen de tegenovergestelde zijden evenwijdig aan elkander zijn.

L. C. §. 512, 513.

**BEWIJS.** Het eerste en tweede volgt uit I. 4. en het laatste uit het XXXII. Voorstel en I. 8.

**AANMERKING.** Het is dus met reden, dat men de regelmatigige veelhoeken, wier zijden *even* in getal zijn, ook *symmetrische*, of *gelijkmatige*, veelhoeken noemt.

**GEVOLG. Fig. 8o.**

Hieruit volgt, dat, in die gelijkmatige veelhoeken, de lijnen [AD, GE] die naar de uiteinden der elkander tegenovergestelde, en dus evenwijdige, zijden getrokken worden, met die zijden regte hoeken uitmaken.

**XXXV. VOORSTEL. Fig. 8o.**

Indien men in eenen regelmatigigen veelhoek, waarvan de zijden *even* in getal zijn, en dus in eenen *gelijkmatigen veelhoek*, de uiteinden der aan elkander evenwijdige zijden door regte lijnen veréénigt, zullen deze door hare onderlinge ontmoetingen, om het middelpunt van den veelhoek, eenen nieuwen regelmatigigen veelhoek maken, van even veel zijden als de gegeven veelhoek, en waarvan de loodlijn de helft is van de zijde van den gegeven.

DU RAY, *Mem. de l'Acad.* 1727. p. 299.

**BEWIJS.** Dat die veelhoek regelmatig is blijkt uit Voorstel XXXIV. Gev. 1. en I. 5, 28, 22, 15.

Dat hij om het zelfde middelpunt staat, uit I. 27. Gev. 5. I 21.

Voor de grootte der loodlijn uit I. 22. Voorstel XXXIV. en I. 30.

**AANMERKING.** Wij zullen in het VI. Boek Voorstel XXXI. en volgende, die inwendige veelhoeken nader beschouwen.

**XXXVI.**

XXXVI. VOORSTEL, Fig. 79.

Indien men in eenen regelmatigigen veelhoek uit een *oneven* getal zijden bestaande, uit iederen hoek [C, B, E, H, K] lijnen [CE, CH, BH, BK, EK] naar de overige hoeken trekt, zullen die lijnen, door hare ontmoeting, om het zelfde middelpunt eenen nieuwen regelmatigigen veelhoek [ONV<sub>xy</sub>] vormen, van even veel zijden als de gegevene, en, ten zijnen opzichte, omgekeerd geplaatst.

BEWIJS. Uit I. 22. 15. 22, 30. en Voorst. XXXIV. Gev.

XXXVII. VOORSTEL. Fig. 81.

Indien men uit de beide uiteinden van iedere zijde eens regelmatigigen veelhoeks, wiens zijden *oneven* in getal zijn, loodlijnen op die zijden oprigt, zullen deze door hare onderlinge ontmoeting twee regelmatigige veelhoeken vormen, onderling gelijk, en ieder van even veel zijden als de gegeven veelhoek: hunne loodlijn zal de helft zijn van de zijde des gegeven veelhoeks: zij zullen het middelpunt des eersten veelhoeks tot middelpunt hebben, en altijd binnen den veelhoek vallen, ten zij deze een gelijkzijdige driehoek zij. Verder indien men ieder punt van den gegeven veelhoek aanmerkt als het begin van eene zijde en het uiteinde van de naastvoorgaande, zullen de loodlijnen uit het begin van iedere zijde op dezelve getrokken den eenen veelhoek, en de loodlijnen uit het einde van iedere zijde op dezelve getrokken den anderen veelhoek vormen.

DU FAY, *Mem. de l'Acad.* 1727. p. 299. doch niet zoo algemeen. Hij spreekt slechts van éenen veelhoek.

BEWIJS. Uit I. 22. 15. 22, 30. en Voorst. XXXIV. Gev.

AANMERKING. Het XXXI. Voorstel en de volgende Voorstellen van het VI. Boek zullen den aard dier inwendige veelhoeken nog nader leeren kennen.

XXXVIII. VOORSTEL. Fig. 82.

Wanneer men op alle de zijden eens regelmatigigen veelhoeks, stippen [E, F, G, I, L] neemt even ver van de naaste hoeken [A, D, C, B, Q], zullen de lijnen, die deze stippen vereenigen, eenen regelmatigigen veelhoek van even veel zijden uitmaken als de gegeven veelhoek zelve: en wiens middelpunt het middelpunt des eersten veelhoeks is.

BEWIJS. Voor het I. Uit de gelijkheid der driehoeken AEL, EDF enz. door (I. 21) — Voor het II. Uit de gelijkheid der driehoeken AOL, EOD, enz. en dus der lijnen LO, EO, FO, enz. waaruit volgt dat O het middelpunt is.

## 84 II. Boek: Over den inhoud van regtlijnige figuren.

AANMERKING. SIMPSON heeft dit alléén voor het vierkant bewezen, in zijn I. Boek, pr. 28.

Zie hier boven I. 36. Gev. 2.

### XXXIX. VOORSTEL.

De inhoud eens regelmatigen veelhoeks is gelijkhaltig aan dien van eenen driehoek, waarvan de grondlijn de omtrek van den veelhoek is, en de hoogte de loodlijn uit het middelpunt op eene der zijden van den veelhoek neder-gelaten.

St. IV. pr. 13. — L. G. IV. 7.

BEWIJS. Uit Voorstel XXXII, en Bep. XI.

### GEVOLG.

De inhoud eens regelmatigen veelhoeks is gelijkhaltig aan dien van eenen regthoek, waarvan de hoogte de loodlijn is uit het middelpunt op eene der zijden getrokken, en de grondlijn, de helft van den omtrek des veelhoeks. [XIII. Gev. 1].

AANMERKING. De inhoud der veelhoeken wordt dus ook tot die der regthoeken gebragt.

### XL. VOORSTEL.

De inhoud van alle regtlijnige figuren wordt tot die van de regthoeken gebragt: en men kan altijd eenen regthoek maken, die gelijkhaltig is aan den inhoud van eene gegeven figuur.

BEWIJS. De Figuur wordt door lijnen in driehoeken verdeeld; ieder driehoek is gelijkhaltig aan eenen bepaalden regthoek (XIII. Voorstel, 1. Gevolg). en men kan, door het geen reeds geleerd is, éenen regthoek maken, gelijkhaltig aan de som van verscheiden andere regthoeken, en dus aan den gegeven veelhoek: zie het 17, 18, 19, 20 Werkstuk van het II. Boek.

AANMERKING. Deze bewerkingen zijn lastig, om dat, na den eersten regthoek, welke aan den eersten driehoek gelijkhaltig is, gemaakt te hebben, de overige moeilijker te vervaardigen zijn, vermits zij dan alle op de grondlijn van den eersten moeten gesteld worden, d. i. op eene gegeven lijn; dit nu is meer ingewikkeld (zie II. Werkstuk 14.) Men kan wel het werk eenigzins verkorten, met, zoo veel mogelijk, de loodlijnen op de zelfde grondlijn te laten val-

vallen; bijv. met [fig. 183.] altijd twee loodlijnen BF, DG, op eene en de zelfde diagonaal als grondlijn te trekken, en de driehoeken, zoo veel mogelijk, aan paren te nemen: maar het bedoelde in dit Voorstel valt veel gemakkelijker te verrigten door II. Werkstuk 29; en zoo doende de figuur tot éénen driehoek te brengen: en daarna eenen regthoek, of een vierkant, daar mede gelijkhaltig te vervaardigen.



## DERDE BOEK.

## OVER DE EVENREDIGHEID.

## I N L E I D I N G.

## I. BEPALING.

Wanneer eene grootheid, verscheide malen genomen, of herhaald; of, in andere woorden; wanneer eene grootheid, door eenig getal vermenigvuldigd zijnde, eene andere grootheid evenaart, is zij een *effen gedeelte*, een *opgaand deel*, (*pars aliquota*) van die tweede grootheid: doch indien zij, eens of meermalen genomen, dezelve niet evenaart, maar kleiner blijft, en nog eenemaal meerder genomen grooter wordt, is zij er een *oneffen gedeelte* van (*pars aliquanta*).

EUCL. V. Bep. 1. en zie daarop, zoo als bestendig voor dit geheele boek, de aanmerking van KOENIG.

AANMERKING. Ik zeg eene *grootheid*, en niet enkel een getal: want eene kleinere lijn kan zoo wel een effen gedeelte zijn van eene grootere lijn, of een kleine Cirkel van eenen grooteren Cirkel, of een kleiner vat van een grooter vat, als een kleiner getal van een grooter: 1, 2, 5. zijn *effen*, doch 3, 4, 7, 8, 9, *oneffen* gedeelten van 10.

## II. BEPALING.

Eene grootheid wordt een *veelvoud* of *vermenigvuldigde* (*multiplum*) van eene andere genoemd, als deze de eerstgemelde *meet*, of een *effen gedeelte* daarvan is: en dat *effen gedeelte* wordt eene *ondervermenigvuldigde*, een *opgaand deel* (*submultiplum*) van de andere grootheid genoemd.

Bij v. 10 is eene *vermenigvuldigde* van 1, 2, 5: doch niet van 3, 6, 7, 8, 9: en 1, 2, 5 zijn *ondervermenigvuldigen* van 10.

EUCL. V. Bep. 2. en VII. Bep. 5.

I. AANMERKING. Ik zeg *grootheid*, en niet alleen *getal*, om de reeds aangehaalde reden: welke ook voor de volgende bepaling geldt.

II.

II. AANMERKING. Hier van de benamingen *dubbeld*, *arievoud* enz. *onderdubbeld* of *helft*, *onderdrievoud* of *derde gedeelte*, enz.

### III. BEPALING.

Twée (of meerdere) grootheden worden gezegd *gelijkvouden*, of *gelijkvermenigvuldigde* (*æquimultiplicia*), te zijn van twee (of meerdere) andere, wanneer zij deze grootheden even veel malen bevatten, iedere, namelijk, die grootheid, van welke zij de *vermenigvuldigde*, of het *veelvoud* is.

Bij v. 20, 40, 60 zijn *gelijkvermenigvuldigde* of *gelijkvouden* van 4, 8 en 12, of van 5, 10, 15, of van 10, 20 en 30; maar zij zijn het niet van 5, 8, 20: altijd die zelfde orde in acht nemende.

### IV. BEPALING.

Men noemt *magten* van een *getal*, de getallen die men verkrijgt wanneer dat getal, door zich zelf *eens*, *twée*, *drie*, *vier* malen, en zoo voorts, vermenigvuldigd wordt. Men verkrijgt, namelijk, de *tweede magt*, ook wel *quadrat*, of *vierkant*, of *quadrat-getal* genoemd, wanneer een getal *éens* door zich zelf vermenigvuldigd wordt: de *derde magt*, ook *Cubus*, of *Taarling*, of *cubiek-getal* genoemd, wanneer een getal *twée* malen: de *vierde magt* wanneer het *drie* malen; de *vijsde magt* wanneer het *vier* malen en zoo voorts door zich zelf vermenigvuldigd wordt.

Bij v. 4, 8, 16, 32, zijn, in die orde, de tweede, de derde, de vierde, de vijsde magt van het getal 2: 36 is de tweede en 216 de derde magt van 6.

I. AANMERKING. Wij zullen in het IV. Boek, IX Voorstel, Gevolg 5. en in het XI. B. XI. Voorstel, 2 en 4. Gevolg zien, waarom de tweede en derde magten, ook *quadraten* of *vierkanten*, en *Cubusfen* of *Taarlingen*, genoemd worden.

EUCLIDES zegt te regt in de 17 en 18 Bepaling van zijn zevende Boek, „ een *quadrat getal* is een getal door de „ multiplicatie van twee gelijke getallen, en een *cubiek-getal* is een getal dat door de multiplicatie van drie gelijke „ getallen gevormd wordt ”

Alle de getallen, gelijk 10 bij v. of 12, die zoodanige niet zijn, zijn geen *quadrat*, of geen *cubiek-getallen*.

II. AANMERKING. Men kan *eerste magt* van een getal noemen, dat

dat getal zelf, dat is, dat getal door één vermenigvuldigd: en dit gesteld zijnde zal men, in plaats van de magten uittedrukken door de vermenigvuldiging zelve, bij v. door  $a \times 1$ ,  $a \times a$ ,  $a \times a \times a$ ,  $a \times a \times a \times a$ , dat lastig is, ze door eenen *exponent* of *aanwijzer* (\*) kunnen aanduiden, welke te kennen geeft, hoe dikwerf dat getal gesteld wordt, en dus welke *magt* het is, namelijk:

$a^1$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ ,  $a^4$ ,  $a^5$ , enz. beduiden de eerste, tweede, derde, vierde, vijfde magt van  $a$ .

III. AANMERKING. Hier uit volgt 1°. dat wanneer men magten van een getal door magten van het zelfde getal multipliceert, of divideert, de *exponent* van het *product*, of van het *quotient*, de *som* of het *verschil* der *exponenten* zijn zal:

$$\text{zoo dat } a^3 \times a^4 = a^{3+4} = a^7 \quad a^5 : a^3 = a^{5-3} = a^2$$

2°. Dat men de divisie door een *exponent*, met het teeken (—) *minus*, ter aanduiding van de aftrekking zal kunnen aanwijzen; zoo als  $\frac{1}{a}$ ,  $\frac{1}{a^2}$ ,  $\frac{1}{a^3}$  enz. door  $a^{-1}$ ,  $a^{-2}$ ,  $a^{-3}$  enz. 3°. dat de magt *nul* van een getal altijd de *eenheid* is: want

$$1 = \frac{a}{a} = a^{1-1} = a^0$$

Zoo dat men altijd in plaats van 1 de magt 0 van welke grootheid men wil stellen kan.

IV. AANMERKING. Ik gebruik hier het woord *getal* en niet *grootheid*; om dat de magten in eene wezenlijke vermenigvuldiging bestaan, en dus, in den eigenlijken zin, niet dan op getallen toegepast kunnen worden: men kan wel zeggen 4 gemultipliceerd door 4, en dat getal opgeven; maar men kan geen lijn door eene lijn, geen cirkel door eenen cirkel *multipliceren*: en indien men wel eens van de *multiplicatie* van twee lijnen, en zoo voorts, spreekt, of dezelve door het teeken  $\times$  aanduidt, geschiedt zulks maar kortheidshalve; en het beteekent altijd, stilzwijgend, het getal dat de grootheid van eene lijn of van eenen cirkel, bij v. uitdrukt, vermenigvuldigd door het getal dat de grootheid van eene andere lijn of van een' anderen cirkel aanduidt.

#### V. BEPALING.

Men noemt *wortels* van een *getal* die getallen, welke, door zich zelve vermenigvuldigd, het eerstgemelde uitma-

(\*) Ik zal altijd het woord *exponent* en nimmer dat van *aanwijzer* gebruiken: de reden zal blijken uit de XI Bepaling.

maken: en dat wel *tweede*, ook *quadrant* of *vierkante* wortel; *derde*, ook *cubieke* of *taarling-wortel*; *vierde*, *vijfde* enz. wortel, die getallen, welke *eens*, *twee*, *drie*, *vier* malen door zich zelven vermenigvuldigd, het gegeven getal uitmaken.

Bij voorbeeld: 5 is de tweede of *quadrant*-wortel van 25: de *derde* of *cubieke* wortel van 125: de *vierde* van 625: de *vijfde* van 3125 en zoo voorts.

I. AANMERKING. Men kan de wortels door een teeken ( $\sqrt{\phantom{x}}$ ) aanduiden, en, met er een cijfferletter in te plaatsen, te kennen geven, de hoeveelste wortel het is: dus zijn

$\sqrt[2]{a}$ , of, gelijk men het ook schrijft, enkel  $\sqrt{a}$ ,  $\sqrt[3]{a}$ ,  $\sqrt[4]{a}$ ,  $\sqrt[5]{a}$ , enz. de tweede, derde, vierde enz. wortel van  $a$ ; dus is

$4 = \sqrt[3]{64}$ : om dat 4, tweemaal door zich zelven vermenigvuldigd, of de derde magt van 4, juist 64 oplevert.

II. AANMERKING. Gelijk men de *magten* door *exponenten* uitdrukt, kan zulks ook voor de *wortels* geschieden; maar dan zullen die *exponenten* breuken zijn: bij voorbeeld in

plaats van het teeken  $\sqrt[3]{a}$ ,  $\sqrt[4]{a}$ : zal men kunnen stellen  $a^{\frac{1}{3}}$ , of  $a^{\frac{1}{4}}$ : want  $a$  of  $a^1 = \sqrt[3]{a} \times \sqrt[3]{a} \times \sqrt[3]{a} = a^{\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}} = a^1$   
 $\times a^{\frac{1}{3}} \times a^{\frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}} = a^{\frac{2}{3}}$   
 $\times a^{\frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}} = a^1 = a$

## VI. BEPALING.

Men noemt *gelijkfoortige* grootheden die, welke zoodanig gesteld zijn, dat eene vermenigvuldigde van de kleinste de grootste kan evenaren, of overtreffen: of wel, grootheden die uit de zelfde soort van eenheden bestaan.

St. V. Bep. 1.

VOORBEELD. Lijnen zijn onde-ling gelijkfoortig: parallelogrammen zijn het ook onderling: een oxhoofd is gelijkfoortig met een emmer of pint: om dat eene menigte van emmers of pinten een oxhoofd kan uitmaken.

Maar eene lijn, een parallelogram, een oxhoofd, zijn onderling ongelijkfoortig.

## VII. BEPALING.

Men noemt meetbare, of ook *rationeels* grootheden, of

getallen, die, welke eene *gemeene maat* hebben: het zij de kleinste de maat zij van de grootste, dat is, juist eenige malen in de zelve begrepen worde of opga, het zij eene derde grootheid de maat, of een gedeelte, van beiden zij.

EUCL. X. Bep. 1.

AANMERKING. Ik zeg hier *grootheden* en niet enkel *getallen*, om dat dit op alle grootheden toepasselijk is: een once, een pond, een schip-pond zijn onderling meetbare grootheden: even als een anker, een oxhoofd, een pijp, en zoo voorts, insgelijks onderling.

#### I. GEVOLG.

Alle Breuken, of gebrokens, zijn onderling meetbaar: want men behoeft ze slechts tot den zelfden noemer te brengen.

#### II. GEVOLG.

In alle getallen hoe genaamd is de *eenheid*, het zij eene *ware*, het zij eene *betrekkelijke* eenheid, de gemeene maat.

AANMERKING. De ware eenheid heeft dan alleen plaats wanneer men de getallen in het afgetrokken beschouwt, zonder ze op iets toetepassen; zoo als wanneer ik zeg 100, 1000, en zoo voorts: maar wanneer ik zeg, 100 oxhoofden, 20 roeden, 20 voeten, 20 vierkante roeden, doel ik op eene *betrekkelijke* eenheid; namelijk op één oxhoofd, ééne roede, één voet, en één vierkant waarvan de zijde eene roede is: en de getallen 20 roeden, 20 voeten, zijn ongelijk groot, hoe wel beide 20, dat is, hoe wel beide even veel eenheden bevattende: om dat de eenheid van eene roede grooter, en wel 12 malen grooter is dan die van een voet.

IV. AANMERKING. De beschouwing der getallen die eene *gemeene maat* hebben, heeft in de rekenkunde aanleiding gegeven tot den regel, om de *grootste gemeene maat*, of den *grootsten deeler* van twee (of meerdere) gegeven getallen te vinden. Die zelfde regel is op alle grootheden even toepasselijk, als bestaande in *divisie*: de *divisie* nu is slechts eene berhaalde aftrekking; en men kan even gemakkelijk nagaan hoe vele malen eene lijn bij v van eene andere afgetrokken kan worden, dat is, in dezelve opgaat, als men zulks doet voor getallen. Wij zullen dan hier dien regel, tot voorbeeld, op lijnen toepassen en den zelven bewijzen.

Men vraagt de *gemeene maat der grootheden DG en AB* te vinden? Fig. 83.

Men, trekke AB zoo dikwerf mogelijk van DG af: d. i. men

men *dividere* D G door A B. Zoo dan A B volkomen in D G opgaat, is B A zelve de grootste gemeene maat: maar zoo zij er niet in opgaat, blijve E G over.

Men trekke E G zoo dikwerf mogelijk van A B af, d. i. men *dividere* A B door E G: er blijve A Z over.

Men trekke A Z zoo dikwerf mogelijk van E G af, en er blijve niets over: ik zeg 1°. dat A Z eene gemeene maat is van D G en A B: en 2°. dat A Z de grootste gemeene maat derzelve is.

1°. A Z gaat in E G op: des ook in B Z, waarin E G opgaat: dus ook in B Z + Z A, dat is in A B. Maar A B gaat op in D E: dus gaat E G op in D E: dus ook in D E + E G, dat is in D G: maar A Z gaat op in E G: dus ook in D G: en A Z is eene gemeene maat van A B en D G.

2°. Maar zij is ook de *grootste gemeene maat*: immers zoo neen, zij eene andere H grooter dan A Z, eene gemeene maat van A B en D G. Daar door die *assumptie* H opgaat in A B, en A B in D E, gaat ook H op in D E: maar door de *assumptie* gaat zij ook op in D G: derhalve ook in D G — D E, dat is in E G: maar E G gaat op in B Z: dus gaat H ook op in B Z: maar H gaat, door de *assumptie*, op in A B: dus ook in A B — B Z, of in A Z: dat is H, die, door de *assumptie*, grooter is dan A Z, zoude in A Z opgaan, dat ongerijmd is. Het is dan ongerijmd dat er eene grootere gemeene maat van D G en A B zij, dan A Z: dus is A Z de grootste gemeene maat.

Dit Voorstel is het 3. in het X. Boek van EUCLIDES en uit dezen is dit Bewijs ontleend.

#### VIII. BEPALING.

Grootheden die geen gemeene maat hebben; dat is waarvan de eene, noch door eene vermenigvuldiging van de andere, noch door die van eenig opgaand deel derzelve, kan gevormd worden; worden gezegd onderling *onmeetbaar* te zijn. Men noemt ze ook *surden* en *irrationeele*.

EUCL. X. def. 2.

I. AANMERKING. Het denkbeeld van gelijksoortige grootheden, die geen gemeene maat hebben, valt, in den eersten opslag, vreemd; wij moeten derhalven het zelve nader ontwikkelen, en door voorbeelden aantoonen dat er in de daad zulke grootheden zijn. Ten dien einde is het noodig deze beschouwing, uit het II. Voorstel van EUCLIDES X. Boek ontleend, te laten voorafgaan.

„ Indien men, twee ongelijke grootheden gegeven zijnde, de  
„ kleinste van de grootste, zoo dikwerf mogelijk, aftrekt: het  
„ overschot op de zelfde wijze van de kleinste: het tweede  
„ overschot van het eerste, het derde van het tweede, en

„ 208

„ zoo voorts, zoo dat er altijd een overschot blijve: zullen  
 „ de twee gegeven grootheden onderling onmeetbaar zijn”

Dat men, gelijk in de IV. Aanmerking op de VII. Bepaling, nagaa hoe vele malen [Fig. 84.] BA in DG opgaat; er blijve een overschot EG: dat men nagaa hoe vele malen EG in AB opgaat, en er blijve een overschot AZ: dat men nagaa hoe vele malen AZ in EG opgaat, en er blijve een overschot IG, en altijd zoo voort, zoo dat er altijd een overschot blijve: Dan zullen DG en AB onderling onmeetbaar zijn: dat is zij zullen geen gemeene maat hebben. Zoo neen: zij L derzelver gemeene maat. BA eenige malen in DG opgaande laat een overschot EG kleiner dan zich zelve. EG eenige malen in AB opgaande laat insgelijks een overschot AZ kleiner dan zich zelve; en AZ eenige malen in EG opgaande laat een overschot IG kleiner dan zij zelve is: dat men zoo voortgaat tot dat men kome aan een overschot IG kleiner dan L.

Om dat, volgens de *asumptie*; L in AB opgaat en AB in DE, zal ook L in DE opgaan: maar L gaat ook, volgens de *asumptie*, op in DG: dus gaat L ook op in DG — DE, dat is in EG: EG nu gaat op in BZ; dus gaat L ook op in BZ: maar, volgens de *asumptie*, gaat L op in AB; dus ook in AB — BZ, dat is in AZ: maar AZ gaat op in EI; dus gaat L ook op in EI: maar, door de *asumptie*, gaat L op in EG; dus ook in EG — EI, d. i. in IG; het geen ongerijmd is, daar L, bij onderstelling groter is dan IG. Het is dus onwaar dat L de gemeene maat zoude zijn van DG en AB: die grootheden hebben derhalve geen gemeene maat, dat is, zij zijn onmeetbaar.

II. AANMERKING. Dit gesteld zijnde, zal het niet moeilijk vallen te bewijzen, „ dat de diagonaal en de zijde  
 „ van een vierkant onderling onmeetbaar zijn.” Wij zullen zulks geometrisch doen, en uit de eerste grondbeginsels afleiden.

1°. Zij  $\triangle BLC$  [fig. 85.] het vierkant op AC. Maar door II. 16. is  $\square$  op BC  $\propto$   $\square$  op AC  $+$   $\square$  op AB  $\propto$   $2 \square$  op AC: het vierkant op de diagonaal en het vierkant op de zijde zijn dus twee vierkanten die onderling meetbaar zijn.

2°. Door I. 19. is  $BC < AB + AC$  of  $< 2 AC$ : indien men dan van BC afrekt  $BD = BA = AC$ , blijft er een overschot  $DC < AC$ . Wij zullen dit overschot het eerste overschot noemen,

3°. Uit I. 34. blijkt dat, zoo  $DE \perp$  op BC,  $DE =$   
AE

$AE = DC$ . Maar in  $\triangle EDC$  is  $EC < ED + DC$  of  $< 2 ED$  of  $2 AE$ : en dus, makende  $EF = AE$ , zal  $AE$ , of het *eerste overschot*, twee malen in  $AC$  opgaan, en er blijft een *tweede overschot*  $FC$ .

4°. Trekkende  $FI \perp FC$  en verder  $DF$ ; is [I. 34.]  $DI = FI = FC$ . Er zal dan, met  $IG = FG$  te maken, weder een overschot  $GC$  zijn: en  $FC$  zal twee malen in  $DI + IG$  of in  $DG$  gaan, latende het *derde overschot*  $GC$ : en trekkende uit  $G$ ,  $GH \perp GC$ , is  $GC$ , *derde overschot*, wederom de zijde van een vierkant waarvan  $HC$  de diagonaal is.

5°. Men heeft dan door die gedurige afrekking altijd tot overschot de zijde van een vierkant.  $BC$  diagonaal,  $AC$  zijde:  $DC$ , *eerste overschot*, zijde,  $EC$  diagonaal:  $FC$ , *tweede overschot*, zijde,  $IC$  diagonaal:  $GC$ , *derde overschot*, zijde,  $HC$  diagonaal: waaruit blijkt dat men, altijd zoo voortgaande, ook altijd een overschot zal houden: en gevolgelyk dat,  $AC$  en  $BC$ , zijde en diagonaal van een vierkant, geen gemeene maat hebben: dat is zij zijn, onderling, *onmeetbaar*.

III. AANMERKING. De stelling dat de diagonaal eens vierkants tot deszelfs zijde onmeetbaar is, is reeds op eene andere, doch ook geheel geometrische wijze door EUCLIDES [X. 117.] bewezen. Wij zullen in het IV, V, VI, VIII. Boek meer andere voorbeelden van onmeetbare grootheden aantreffen. Wanneer men dan eene derzelve door een getal uitdrukt, kan de andere door geen getal uitgedrukt worden; want dan ware er tusfchen die twee getallen eene gemeene maat, te weten de eenheid. Men kan enkel getallen daar stellen die de tweede onmeetbare grootheid ten naasten bij zullen uitdrukken, en men kan die nadering zoo ver men wil uitstrekken.

De handelwijze in de voorgaande aanmerking gebruikt kan hier ten voorbeeld strekken. Want om nategaan hoe vele malen  $AC$  in  $BC$  opgaat heeft men gevonden 1 met het overschot  $CD$ : dat is, om het uittedrukken gelijk men in de rekenkunde doet,  $1 + \frac{CD}{AC}$  of  $1 + \frac{1}{\frac{AC}{CD}}$ .

Voor  $\frac{AC}{CD}$  heeft men gevonden  $2 + \frac{FC}{CD}$ : derhalve is

$BC$





als bij voorbeeld de diagonaal van een vierkant en zijne zijde; de diameter van een' cirkel en deszelfs omtrek, verscheide regthoeken enz. zoo als in het IV, VI, VII en VIII. Boek blijken zal: welke grootheden, hoe wel onderling onmeetbaar, bestaan, en aangewezen kunnen worden. *Onmeetbare getallen* zijn er in den eigenlijken zin niet; want wie een getal zegt, zegt een aantal eenheden, en dus iets dat met die eenheid meetbaar is. Men gebruikt, wel is waar, ook die uitdrukking *onmeetbaar* van getallen sprekende: doch het is in eenen oneigentijken zin, en kortheidshalve. Bij voorbeeld; een wortel van een geheel getal, dat zelf geen *quadraat-getal* is, kan even min door een gebroken als door een geheel getal, dat is, kan door geen getal, hoe ook genaamd, worden uitgedrukt. Er is bij v. geen geheel getal, en ook geen breuk, die door zich zelf vermenigvuldigd 13, of door zich zelf twee maal vermenigvuldigd 36 kan voortbrengen: en dus kan de vierkante wortel van 13, of de cubiekwortel van 36, door geen getal, hoe genaamd, uitgedrukt worden; en daarom noemt men die wortels *onmeetbaar*: dezelve nogthans door een teeken ( $\sqrt{13}$ ,  $\sqrt[3]{36}$ ) aanwijzende, handelt men daarmede als of het getallen waren, en men noemt ze daarom *onmeetbare getallen*, doch zeer oneigenlijk: men kan die wortels wel aanwijzen; men kan den eerstgemelden wel door eene lijn uitdrukken (namelijk door de diagonaal eens regthoeks, waar van de eene zijde 3 de anderen 2 is:) maar niet door eenig getal: men kan wel een getal vinden dat er hoe langer hoe nader bijkomt, dat daarvan zoo weinig verschilt als men wil, doch nimmer een, dat dien wortel evenaart.

Wanneer men dan van *onmeetbare getallen* spreekt, duidt men dezelve door een teeken aan, en spreekt niet van het geen zij zijn, want zij zijn er niet; maar van het geen zij zouden zijn, indien men ze door getallen uitdrukken kon, het geen onmogelijk is.

V. AANMERKING. Wij hebben in de voorgaande aanmerking gezegd, dat men de wortels van getallen, wanneer zij geen geheele getallen zijn, door geen getal hoegenaamd kan uitdrukken, en dat dus die wortels, ten opzichte dier gemelde getallen, volstrekt *onmeetbaar* zijn: men kan derhalven die wortels noch door een geheel getal, noch door eene breuk uitdrukken: en dus door geen getal hoegenaamd.

Immers zij  $a$  een getal, wiens vierkant  $a^2$  juist kleiner is dan een ander getal dat geen *quadraat-getal* is, maar hier door  $A^2$  verbeeld wordt: maar zij, het vierkant van  $a + 1$  juist groter dan  $A^2$ : dan is de wortel van  $A^2$  groter dan

dan  $a$ , maar kleiner dan  $\overline{a + 1}$ : dus  $a$  met eene breuk: stel  $a + \frac{1}{n}$ : dit getal door zich zelf multipliceerende, krijgt men deszelfs vierkant of  $a^2 + \frac{2a}{n} + \left(\frac{1}{n}\right)^2 = A^2$ : en daar  $A^2$  een geheel getal is, moet  $a^2 + \frac{2a}{n} + \left(\frac{1}{n}\right)^2$  het ook zijn: het deel  $a^2$  is het: het deel  $\frac{2a}{n}$  kan het zijn: men stelle zulks: maar  $\frac{1}{n^2}$  blijft altijd eene breuk, en dus de geheele som eene breuk. Stel dat  $\frac{2a}{n}$  eene breuk is; dan zal  $\frac{2a}{n} + \left(\frac{1}{n}\right)^2$  of  $\frac{1}{n} \times \left(2a + \frac{1}{n}\right)$  echter eene breuk blijven: dus is het vierkant  $a^2 + \frac{2a}{n} + \frac{1}{n^2}$  eene breuk, daar het, indien  $a + \frac{1}{n}$  de wortel van  $A^2$  was, een geheel getal moest zijn: dus is het de ware wortel van  $A^2$  niet. In andere woorden; eene ware breuk, of eene oneigenlijke breuk die niet opgaat, eens of meermalen met zich zelf vermenigvuldigd zijnde, zullen de uitkomsten altijd breuken zijn, die niet opgaan, en die dus niet tot geheele getallen kunnen gebragt worden. Dus  $\frac{7}{5}$  met  $\frac{7}{5}$  multiplicerende komt er  $\frac{49}{25}$ : insgelijks eene breuk die niet opgaat. Het zelfde heeft plaats voor  $\frac{7}{5} \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{5} = \frac{343}{125}$ ; voor  $\frac{7}{5} \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{5}$  enz. Daar dan de magten van breuken, ook breuken zijn, zal omgekeerd een geheel getal geen breuk tot wortel kunnen hebben.

VI. AANMERKING. Er zijn dan getallen, waarvan men den kwadraatwortel, er zijn insgelijks getallen, waarvan men den cubiekwortel in getallen kan uitdrukken: er zijn anderen, waarvan zulks niet mogelijk is: de eerstgemelde worden *kwadraat-getallen*, en *cubiek-getallen* genoemd: de andere kunnen dien naam niet dragen; men kan er den wortel slechts bij nadering uit trekken: zoo is de wortel van 2, of  $\sqrt{2}$ , ten naastenbij 1.414213: dat wat te klein, daar 1.414214 wat te groot is. Het is het zelfde getal dat wij te voren

(Aanm.

(Aanm. III.) voor de diagonaal van een vierkant gevonden hebben: en in de daad die diagonaal wordt door  $\sqrt{2}$  uitgedrukt, om dat, (gelijk in het IV. Boek, Voorstel IX. Gev. 5.) bewezen zal worden, het vierkant op eene lijn overeenkomt met de tweede magt van het getal dat de lengte van die lijn uitdrukt.

VII. AANMERKING. Indien dan A en B, onderling *onmeetbaar* zijn, en C een effen deel van B is dat er  $m$  malen ingaat, zal het zelfde deel C, een zeker getal malen,  $n$  bij voorbeeld, genomen, kleiner zijn dan A, doch eene maal meer, namelijk  $n + 1$  malen, genomen, groter: zoo dat, daar  $m C = B$  is, men hebben zal  $n C < A$  en  $n + 1 \cdot C > A$ ; zonder dat er eenig getal, bij v.  $n + \frac{1}{p}$ , is dat, door zijne vermenigvuldiging met C, gelijk aan A worden kan.

#### IX. BEPALING.

Wanneer men twee gelijksoortige grootheden vergelijkt, ten einde de grootte van de eene uit die van de andere *onmiddellijk* te bepalen, noemt men dit derzelver *rede* nagegaan: en die bepaling zelve is de *rede* welke die grootheden onderling tot elkander hebben.

St. V. Bep. 2. Zie vooral KOENIG op de 3. Bepaling van het V. Boek van EUCLIDES.

AANMERKING. Men kan de grootheden onderling op verschillende wijzen vergelijken: voornamelijk op twee wijzen. De eerste als men nagaat, A en B gegeven zijnde, *hoe vele malen* B in A bevat is; de tweede als men nagaat welk het verschil is tusfchen A en B: d. i. *hoe veel* (niet hoe vele malen) A groter is dan B, of B groter dan A. De eerste wijze wordt *Geometrische*, de andere *Arithmetische* rede genoemd; waaruit de *geometrische* en *arithmetische* proportien, of *evenredigheden* ontstaan: en uit deze, onderling, doch op twee verschillende wijzen, vereenigd, worden de *harmonische evenredigheid* en de *Logarithmen* geboren. Wij zullen dit alles verklaren.

## I. A F D E E L I N G.

## OVER DE GEOMETRISCHE EVENREDIGHEID.

## BEPALINGEN.

## X. BEPALING.

Wanneer men twee gelijksoortige grootheden met elkander vergelijkt, ten einde te weten welke *vermenigvuldigde* of *hoeveelvoud* de eene van de andere zij; of, het geen op het zelfde uitkomt, hoe vele malen de laatstgemelde in de eerste begrepen is, of een hoeveelste deel zij er van is, wordt men gezegd de *geometrische rede*, of ook enkel bij uitspek de *rede*, die er tusschen die grootheden plaats heeft, nategaan: zoo dat de *geometrische rede*, of enkel de *rede*, tusschen twee grootheden, aan toont *hoe vele malen* de eene de andere bevat.

De grootheden welke die *rede* uitmaken worden derzelver *leden* genoemd: de grootheid die men het eerst noemt, draagt den naam van *voorgaande*, de andere dien van *volgende*: er is dus in iedere *rede* een *voorgaand* en een *volgend lid*.

Zie TACQUET op de definitien van EUCLIDES V. — St. V. Bep. 3, 4.

## GEVOLG.

Er zijn geen grootheden, mits zij gelijksoortig zijn, die niet eene bepaalde geometrische rede tot elkander hebben.

I. AANMERKING. Ik zeg *grootheden* en niet enkel *getallen*, want dit alles is op alle soorten van grootheden toepasselijk.

II. AANMERKING. Men verdeelt de geometrische *rede* in *meetbare* en *onmeetbare*. Eene rede is meetbaar wanneer zij door getallen uitgedrukt wordt, of kan worden: doch *onmeetbaar*, of *irrationeel*, wanneer de grootheden die men vergelijkt zoodanig zijn, dat hare rede door geen getal uitgedrukt kan worden: in dat geval kan men de rede slechts aanduiden door een teeken, bij v. zoo als de rede van  $\sqrt{2}$  tot 1; of door lijnen: men weet dan wel niet hoe vele malen de eene grootheid in de andere begrepen is, doch men weet de uitersten tusschen welken dat getal invalt: zoo als bij v. de rede van  $\sqrt{2}$  tot 1 is grooter dan

$$1. \frac{414213}{1,000,000} \text{ doch kleiner dan } 1. \frac{414214}{1,000,000}$$

L. C. §. 282.

III.

III. AANMERKING. Men moet echter niet denken dat wanneer men twee onmeetbare grootheden vergelijkt, derzelver rede tot elkander altijd onmeetbaar is: zij kunnen eene meetbare rede tot elkander hebben, hoe wel ieder dézer grootheden met opzigt tot eene andere, stel de eenheid, onmeetbaar zij: bij voorbeeld de rede van  $\sqrt{2}$  tot  $\sqrt{8}$  is die van 1 tot 2, dus meetbaar, hoe wel die grootheden elk in zich zelve met betrekking tot de eenheid onmeetbaar zijn.

IV. AANMERKING. EUCLIDES geeft deze bepaling van het woord rede: „Rede, zegt hij (3. bepaling) is de onderlinge betrekking van „veelvoudigheid, die twee grootheden tot elkander hebben:” en hij voegt er in de 4. bepaling bij. „Grootheden worden gezegd eenige rede tot elkander te hebben, als de eene door vermenigvuldiging de andere overtreffen kan.” Men lette wel: hij zegt niet evenaren: want dan zou de bepaling slechts betrekkelijk zijn tot meetbare grootheden: maar overtreffen, het geen de onmeetbare ook bevat. Bij vele vertalers leest men in de derde bepaling betrekking van grootheid (in het latijn *secundum quantitatem*) in plaats van veelvoudigheid (*secundum multiplicitem*); doch dit zoude even eens op arithmetische als op geometrische redenen toepasselijk zijn, het geen EUCLIDES niet bedoelde, zoo als overvloedig uit zijn VII. Boek blijkt. Dat men hier de grieksche woorden  $\alpha\alpha\tau\alpha\ \pi\alpha\lambda\lambda\acute{o}\tau\epsilon\tau\alpha$  door volgens de veelvoudigheid vertalen moet, is door WALLIS (*Opera Mathematica* T. II. p. 666) en anderen aangewezen: ook heeft GAUSS het aldus vertaald. Zie KÖRNIG over deze plaats. Men is het algemeen onder de geleerden eens, dat die bepaling van EUCLIDES duister is; en R. SIMSON gist dat zij niet van dien uitmuntenden wiskunstenaar is, maar door eene latere onkundige hand in den tekst ingelascht is geworden.

## XL. BEPALING.

Men noemt *Aanwijzer* (\*) van eene rede het *quotient* dat uit de divisie van de voorgaande door de volgende voortkomt, of begrepen wordt voorttekomen.

St. V. Bep. 6.

I. AANMERKING. In de daad, daar de rede van twee grootheden aanduidt hoe veel malen de eene in de andere begrepen is, en daar het *quotient* van eene divisie dit ook doet; is dat *quotient* de ware aanwijzer van die rede: en dit wel, altijd stilzwijgend, met betrekking tot die eenheid, welke men tot grondslag legt.

II.

(\*) Men zoude dien *aanwijzer* ook *exponent* der rede kunnen noemen, en het geschied door sommigen: doch ik zal, om alle dubbeltzinnigheid te voorkomen, altijd, en bij uitsluiting, het woord *aanwijzer* gebruiken om eene geometrische rede uitgedrukken: en *exponent* (Zie Bep. IV. Aanm. 2. 3. en Bep. V. Aanm. 2.) om de magten van getallen aan te wijzen.

II. AANMERKING. Andere Schrijvers noemen *aanwijzer*, of *quotient*, het quotient dat uit de divisie, niet van de *voorgaande* door de *volgende*, maar van de *volgende* door de *voorgaande* voortkomt: doch dit komt op het zelfde uit, mits men in de bewijzen en stellingen het woord *aanwijzer*, of *quotient*, altijd in den zelfden zin neme.

III. AANMERKING. TACQUET geeft den naam van *noemer* aan het geen wij *aanwijzer* heten. Zie zijn V. Boek, III. gedeelte §. 2, 3.

#### GEVOLG.

Wanneer de *voorgaande* grooter is dan de *volgende*, is de *aanwijzer* een geheel getal, of een geheel getal met eene breuk: zoo de *voorgaande* kleiner is, is de *aanwijzer* eene zuivere breuk: zoo de *aanwijzer* meetbaar is, is de rede meetbaar, doch zoo hij onmeetbaar is, is de rede onmeetbaar, en omgekeerd.

IV. AANMERKING. Wanneer de *aanwijzer* onmeetbaar is, kan hij door geen getal uitgedrukt, doch slechts door een teeken aangeduid, of door lijnen opgegeven worden, zoo als  $\sqrt{5} : \sqrt{7}$ . En dit is de reden waarom wij in de bepaling gezegd hebben *voortkomt*, of *begrepen wordt voortkomen*.

V. AANMERKING. De rede wordt in woorden dus uitgedrukt, A tot B: en in plaats van het woord *tot* gebruikt men het teeken (:) of (,) dus A:B of A, B: ook wel, in navolging van LEIBNITS, het teeken van *divisie*, eene streep namelijk,  $\frac{A}{B}$ : en in de daad, daar de rede aanduidt hoe veel malen de eene grootheid de andere bevat, bestaat zij in eene divisie, en wordt door het in het werk stellen van die divisie bekend.

#### XII. BEPALING.

Twee *reden* worden *gelijk*, of *de zelfde* genoemd, wanneer hare *aanwijzers* even groot zijn: doch van twee *reden* is die de grootste waarvan de *aanwijzer* de grootste is: of, het geen op het zelfde uitkomt; eene rede is even groot, grooter, of kleiner dan eene andere, naar mate haar *aanwijzer* even groot, grooter of kleiner is dan die van de tweede rede. Wanneer nu verscheiden grootheden onderling *de zelfde* rede hebben, zegt men dat zij *evenredig*, of

of *proportioneel* zijn: en de *evenredigheid*, of *proportie*, heeft plaats als er eene gelijkheid van reden plaats heeft.

St. V. Bep 8, 9, 20.

**L. AANMERKING.** De evenredigheid wordt voorheen meest aldus uitgedrukt door vier stippen (::), namelijk

$$A : B :: C : D \text{ of}$$

$$A, B :: C, D;$$

doch daar de evenredigheid in de daad eene gelijkheid is van twee *reden*, en dus van de *quotienten* uit twee *divisiën* gesproten, wordt dezelve, in navolging van LEIBNITS, veel beter en eigenaartiger uitgedrukt op deze wijze:

$$A : B = C : D : \text{ of, wat nog beter zoude zijn}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{C}{D}.$$

**II. AANMERKING.** Wanneer de beide reden meetbaar zijn, valt het gemakkelijk over derzelver gelijkheid of ongelijkheid te oordeelen, en zulks alleen uit den aanwijzer. Maar hoe oordeelt men, zal men zeggen, over de gelijkheid of ongelijkheid van twee *onmeetbare reden*? daar geen van beiden door getallen uitgedrukt kan worden, en dus geen van beiden naauwkeurig en in de daad bekend is.

Men oordeelt er van op tweederlei wijze: voor eerst, daar de onmeetbare reden door een teeken, of door lijnen, kunnen worden uitgedrukt (8. Bep. Aanm. 1, 2, 4), oordeelt men dat zij gelijk zijn, als zij het zelfde teeken tot aanwijzer hebben, of door gelijke lijnen uitgedrukt worden; dus is de rede  $\sqrt{3} : \sqrt{6}$  gelijk aan de rede van  $1 : \sqrt{2}$ : of die van  $\sqrt{6} : \sqrt{8}$  gelijk aan die  $\sqrt{3} : \sqrt{4}$ ; en derhalve zijn  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{6}$ , en  $1$ ,  $\sqrt{2}$ : of  $\sqrt{6}$ ,  $\sqrt{8}$ , en  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{4}$  evenredig.

Maar is er een tweede middel dat algemeener is, en zoo wel op de meetbare als op de onmeetbare grootheden toegepast kan worden. Indien men twee reden, bij v.  $A : B$ , en  $C : D$  heeft, zal men mogen vaststellen, dat de rede van  $A$  tot  $B$  gelijk is aan die van  $C : D$ , als men bewijzen kan dat zij noch kleiner, noch groter zijn kan: of, wat op het zelfde uitkomt, wanneer men bewijzen kan, dat men in ongerijmdheden vervalt, indien men onderstelt dat die reden ongelijk zijn, of dat de eene groter of kleiner is dan de andere: eene, naar ons oordeel, uitmuntende trant van bewijzen.

### I. GEVOLG.

Wanneer vier grootheden evenredig zijn, en de eerste en  
G 3
twee-



tweede zijn *onderling meetbaar*; zijn de derde en vierde insgelijks *onderling meetbaar*: doch zoo de eerste en tweede *onderling onmeetbaar* zijn; zijn de derde en vierde ook *onderling onmeetbaar*.

BEWIJS. Zoo  $A : B = C : D$ , is  $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$ : en dus zoo  $\frac{A}{B}$  een

getal is, moet  $\frac{C}{D}$  er ook een zijn: en zoo  $\frac{A}{B}$  geen getal,

en dus *onmeetbaar* is, moet  $\frac{C}{D}$  het ook zijn.

III. AANMERKING. Dit gevolg is de 10 propositie van het X. Boek van EUCLIDES: men lette wel dat wij zeggen de eerste en tweede, de derde en vierde *onmeetbaar onderling*, dat is, hare rede *onmeetbaar*. Want wij hebben reeds gezegd (X. Bep. Aanm. 3.) dat de *onmeetbare* grootheden eene meetbare rede hebben kunnen: dus  $\sqrt{2} : \sqrt{8} = 1 : 2$ . Wij beschouwen dan hier de *onmeetbare* grootheden, niet op zich zelve, (dat is met betrekking tot de eenheid) maar met betrekking tot elkander, *onderling*, dat is, wij beschouwen derzelve rede.

IV. AANMERKING. EUCLIDES heeft twee bepalingen van *gelijkheid* van reden gegeven; de eene is de 20 Bepaling van het VII. Boek, alwaar hij zegt: „Getallen zijn evenredig, als de eerste een gelijkvoud, of een gelijk deel, van de tweede is, als de derde van de vierde:” onze bepaling nu van evenredigheid is volkomen de zelfde. De andere, die niet alleen op getallen, maar op alle grootheden, ook op de *onmeetbare*, toepasselijk is, is de 5 van het V. Boek, en komt hier op uit „Indien er vier grootheden gegeven zijn, en men neemt evenvermenigvuldigten, of gelijkvouden, van de eerste en van de derde, en andere gelijkvouden van de tweede en van de vierde: zullen die grootheden in de zelfde rede staan; namelijk de eerste tot de tweede, de derde tot de vierde; indien, wanneer het gelijkvoud van de eerste even groot, of grooter, of kleiner is, dan dat van de tweede; tevens ook het gelijkvoud van de derde even groot, of grooter, of kleiner is, dan dat van de vierde; en zulks altijd, en volgens welke vermenigvuldiging men ook wille,” waar bij EUCLIDES in de 6. Bepaling voegt: „grootheden die in de zelfde rede staan, worden evenredig genoemd.”

Bij voorbeeld: indien  $A, B, C, D$ , gegeven zijn: en men neemt gelijkvouden  $m A$  en  $m C$ , insgelijks  $n B$  en  $n D$ ; dan zal  $A : B = C : D$  zijn, indien wanneer  $m A > n B$  ook  $m C > n D$ : en wanneer  $m A < n B$  ook  $m C < n D$ : en wanneer  $m A = n B$  ook  $m C = n D$ , welke getallen men ook voor  $m$  en  $n$  neme.

Deze bepaling van EUCLIDES is algemeen, en bevat zoo wel de *meetbare* als de *onmeetbare* grootheden: doch zij is niet geheel duidelijk; en veelligt niet uit de ware en eenvoudige natuur van het geen men oorspronkelijk door *rede* verstaat, ontleend: zie KOKNIO

ter

ter dezer plaats. De leer der *aanwijzers*, die of *meetbaar* of *onmeetbaar* zijn, is gemakkelijker, en even algemeen als die van EUCLIDES: wij zullen echter in het I, II, en III Voorstel toonen, dat de bepaling van EUCLIDES uit de onze, en de onze uit die van EUCLIDES volgt.

V. AANMERKING. Om de zelfde reden geeft EUCLIDES deze bepaling van ongelijke reden: „ Wanneer men gelijkvouden van de eerste „ en derde grootheid, en andere gelijkvouden van de tweede en „ vierde genomen heeft, en wanneer dan het gelijkvoud van de „ eerste, dat van de tweede overtreft, zonder dat het gelijkvoud „ van de derde dat van de vierde overtreffe, zal de eerste groot- „ heid grootere rede hebben tot de tweede dan de derde tot de „ vierde.” V. Bep. 7.

VI. AANMERKING. EUCLIDES voegt er deze VIII. Bepaling bij: „ Even- „ redigheid is gelijkheid van reden.” Dit zoude volkomen met de XX. Bepaling van zijn VII. Boek en met onze Bepaling overeenkomen. Maar R. SIMSON gist dat die Bepaling niet van EUCLIDES is, en door eene latere hand in den text is ingevoegd.

## II. GEVOLG.

Alle breuken, en alle producten, of getallen door vermenigvuldiging of *multiplicatie* ontstaan, zijn *reden*: want

stel  $\frac{A}{B} = q$  en  $D \times E = C$ , dan is er de zelfde rede

tusschen A en B, als tusschen  $q$  en de eenheid: en tusschen E en de eenheid als tusschen C en D.

VII. AANMERKING. De bepalingen, die men in de meeste cijferboeken van *multipliceeren* en *divideeren* geeft, zijn zeer gebrekkig. Nauwkeurig gesproken bestaat de *multiplicatie* in het vinden van een getal, dat tot een der gegevene staat, als het ander tot de eenheid; en de *divisie*, (hoewel oorspronkelijk eene aftrekking des *divisors* van het *dividendum*, zoo dikwerf geschieden kan,) bestaat echter ook in het vinden van een getal dat tot de eenheid staat, als het getal dat *gedivideerd* moet worden, tot den *divisor*, of deeler.

Zie hier over KOENIG op EUCL. V. def. 1, 2. — L. C. §. 287. — doch vooral D'ALEMBERT *Mélanges*: V. p. 217.

## III. GEVOLG.

De evenredigheid vereischt ten minsten drie grootheden.

EUCL. V. Bep. 9.

VIII. AANMERKING. Men maakt in de gewoone wijze van spreken een bestendig misbruik van het woord *proportie*, dat men met het woord *rede* bijna altijd verwisfelt, zeggende, de *proportie* van A tot B: dit is een mislag; er is

is geen *proportie* of evenredigheid tusſchen twee grootheden; maar twee grootheden hebben eene bepaalde *rede* tot elkander: en dan eerst wordt eene *proportie*, of *evenredigheid*, geboren, wanneer men twee *reden*, die gelijk zijn, met elkander vergelijkt: het zij deze te ſamen uit drie grootheden, het zij uit vier grootheden beſtaan; in het eerste geval is  $A : B = B : C$  of  $\frac{A}{B} = \frac{B}{C}$ : in het tweede

$$A : B = C : D \text{ of } \frac{A}{B} = \frac{C}{D}.$$

### XIII. BEPALING.

Wanneer de grootheden, die gelijke rede tot elkander hebben, alle verſchillende zijn, zegt men dat die grootheden *onderscheidenlijk* (*discrete*) evenredig zijn: doch wanneer die grootheden zoodanig geſteld zijn, dat er altijd eene van de vorige rede in de volgende herhaald wordt; dat is, dat de volgende grootheid in de eerste rede de voorgaande is in de tweede, de volgende in de tweede, de voorgaande in de derde, en zoo beſtendig voort: dan zegt men dat die grootheden *gedurig* (*continue*) evenredig zijn: en die gedurige evenredigheid wordt eene geometriſche *reeks* of *progreſſie* genoemd, in welke men *evenverafſtaande leden* noemt, die leden, welke door een even groot getal leden van eenig bepaald lid geſcheiden worden.

A, B, C, D, E, F, G, H zijn gedurig evenredig, of maken eene geometriſche reeks uit, indien,

$$\frac{A}{B} = \frac{B}{C} = \frac{C}{D} = \frac{D}{E} = \frac{E}{F} = \frac{F}{G} \text{ enz. of } A : B = B : C = C :$$

$$D = D : E = E : F = F : G \text{ enz.}$$

St. V. Bep. 12, 21, 24.

### GEVOLG.

Hier van is het dat men zegt, dat getallen of grootheden, die gedurig evenredig zijn, eene geometriſche *reeks* uitmaken: die reeks wordt *aanwafende*, ook *opgaande*, of *verminderende*, ook *ſamenlopende*, of *neergaande* genoemd, naar mate de leden beſtendig aangroeijen, of verminderen.

AANMERKING. Eene geometriſche reeks, of gedurige evenredigheid.

*I. Afdeling: Over de geometrische evenredigheid. 105*

redigheid wordt aldus ( $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ ) door vier stippen aangeduid,  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ , A, B, C, D, E, enz.

**XIV. BEPALING.**

Wanneer drie grootheden *gedurig evenredig* zijn noemt men de tweede, of middelste, *middel evenredige*, en de laatste, *derde evenredige*: en wanneer vier grootheden *onderscheidenlijk evenredig* zijn, noemt men de vierde of laatste *vierde evenredige*. Als dan worden ook de eerste voorgaande en de laatste volgende grootheid de *uitersten*, of *uiterste leden*, genoemd: de eerste volgende en de tweede voorgaande, de *middelsten*, of *middelste leden*.

St. V. Bep. 13, 14.

**XV. BEPALING.**

De *voorgaande* worden met betrekking tot de *voorgaande* en de *volgende* met betrekking tot de *volgende* *gelijkgeplaatste* (*homologi*) leden genoemd.

EUCL. V. Bep. 12.

**XVI. BEPALING.**

Wanneer men vier grootheden heeft, en men derzelver rede beschouwt met betrekking tot de orde in welke men ze opnoemt; zegt men dat zij *regtstreeks* tot elkander, of in *regte rede* staan, als de eerste staat tot de tweede als de derde tot de vierde: of in andere woorden; zoo de rede van de eerste tot de tweede gelijk is aan de rede van de derde tot de vierde: maar men zegt dat zij *omgekeerd* tot elkander staan, of in *omgekeerde rede* zijn, als de leden welke onderling gelijke rede hebben, den rang, waarin men ze heeft opgenoemd niet volgen: dat is, als de eerste staat tot de tweede als de vierde tot de derde; of de tweede tot de eerste als de derde tot de vierde; of de eerste tot de derde als de vierde tot de tweede.

L. C. §. 263. — St. V. Bep. 23.

**GEVOLG.**

Hier uit volgt dat de omgekeerde rede van twee grootheden gevonden wordt met de *volgende* grootheid door de

voorgaande, in plaats van de voorgaande door de volgende, te divideren:  $\frac{A}{B}$  is de omgekeerde rede van  $\frac{B}{A}$ : en  $\frac{1}{B}$  is de omgekeerde rede van  $B$ : 1.

L. C. §. 299.

### XVII. BEPALING

Men noemt *samengestelde rede* die welke uit verscheidene andere reden wordt opgemaakt; en dat wel door vermenigvuldiging der enkele reden, (in dat geval ook wel *wortels* en *factoren* genoemd) uit welke de samengestelde gevormd wordt. Wanneer alle de wortels *regtstreeks* genomen worden, is de samengestelde rede *regtstreeksche rede* uit allen: zoo zij alle *omgekeerd* genomen worden, is de samengestelde rede *omgekeerde samengestelde rede* der wortels: en zoo sommige wortels *regtstreeks*, andere *omgekeerd* genomen worden, is de samengestelde rede uit *regtstreeksche* en uit *omgekeerde* reden gevormd.

VOORBEELD. Men hebbe de reden  $\frac{A}{B}$ ,  $\frac{C}{D}$ ,  $\frac{E}{F}$ ,  $\frac{G}{I}$ : dan is de rede van  $P : Q$  samengesteld uit die van  $\frac{A}{B}$ ,  $\frac{C}{D}$ ,  $\frac{E}{F}$  enz. indien  $\frac{P}{Q} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F}$ : enz. dus is die van  $\frac{10}{27}$  samengesteld uit  $\frac{2}{3}$  en  $\frac{5}{9}$ : de rede van  $R : S$  is de omgekeerde samengestelde uit  $\frac{A}{B}$  en  $\frac{C}{D}$ , indien  $\frac{R}{S} = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} = \frac{1}{\frac{A}{B} \times \frac{C}{D}}$ : dus is  $\frac{10}{27}$  omgekeerd samengesteld uit  $\frac{3}{2}$  en  $\frac{9}{5}$ . De rede van  $T : U$  is samengesteld uit de *regtstreeksche* van  $\frac{A}{B}$  en de *omgekeerde* van  $\frac{C}{D}$  indien  $\frac{T}{U} = \frac{A}{B} \times \frac{D}{C}$ . Dus is  $\frac{8}{27}$  de samengestelde *regtstreeks* uit  $\frac{4}{9}$  en *omgekeerd* uit  $\frac{3}{2}$ .

L. C. §. 290. — St. VI. def. 5.

AAN-

## 1. Afdeling: Over de geometrische evenredigheid. 107

AANMERKING. EUCLIDES geeft in zijn V. Boek geen bepaling van *samengestelde rede*; maar men vindt er eene in het VI. Boek, de vijfde namentlijk welke dus luidt. „Eene rede wordt gezegd uit „reden te zijn *samengesteld*, als de *hoeveelheden* der reden, on- „derling gemultipliceerd, de *hoeveelheid* van die rede uitmaken:” R. SIMSON schrijft die bepaling, welke hij voor *ongerijmd* en *onbruikbaar* houdt, aan THSON toe, en verwerpt ze geheel WALLIS echter oordeelt, en dit draagt de goedkeuring van GRASSMANN weg, dat men de woorden door *hoeveelheden*, *hoeveelheid*, vermeld; door *aanwijzers*, *aanwijzer*, vertalen moet: en dan is de bepaling goed. Het valt nu niet te ontkennen dat EUCLIDES in het XVIII. Voorstel van zijn VI. Boek, de *samengestelde rede* in dien zin gebruikt. Zie WALLIS *de compositione rationum* in *Oper Mathem.* II. p. 663.

### XVIII. BEPALING.

Wanneer eene rede uit gelijke reden wordt *samengesteld*, wordt zij *verdubbelde*, *driedubbelde*, *vierdubbelde* enz. genoemd, naar mate zij uit twee, uit drie, uit vier, gelijke reden *samengesteld* is, en dus [Bep. 4.] de tweede, derde, of vierde magt van die rede is.

$\frac{A \times A}{B \times B}$  of  $\frac{A^2}{B^2}$ ;  $\frac{A \times A \times A}{B \times B \times B}$  of  $\frac{A^3}{B^3}$ ;  $\frac{A \times A \times A \times A}{B \times B \times B \times B}$  of  $\frac{A^4}{B^4}$  zijn de *verdubbelde*, *driedubbelde*, *vierdubbelde* rede van  $\frac{A}{B}$ .

St. V. Bep. 26. — L. C. §. 291.

AANMERKING. Daar de bepalingen door EUCLIDES van *verdubbelde*, *driedubbelde* rede enz. gegeven, uit andere *grondbeginsels* afgeleid zijn, behoren wij dezelve nategaan, vooral daar die bepalingen eenigen invloed in het vervolg kunnen hebben.

Zij zijn de 10 en 11 Bepaling van het vijfde Boek:

„Zoo drie grootheden *evenredig* (d. i. *gedurig evenredig*) zijn, „wordt de eerste gezegd tot de derde eene *dubbelde* rede te „hebben van die welke zij heeft tot de tweede.”

„Zoo vier grootheden *evenredig* (d. i. *gedurig evenredig*) zijn, „wordt de eerste gezegd tot de vierde eene *driedubbelde* rede te „hebben van die, welke zij heeft tot de tweede: en zoo voorts, „zoo lang de *evenredigheid* duurt.”

Wanneer ik dus zeg, de rede  $\frac{P}{Q}$  is de *verdubbelde* van  $\frac{A}{B}$ , duidt

dit aan, volgens ons, dat die rede uit de *vermenigvuldiging* van de rede  $\frac{A}{B}$  door zich zelve gevormd wordt: volgens EUCLIDES, dat

de rede  $\frac{P}{Q}$  die is van de eerste A tot de derde C van drie *gedurige evenredigheden*, waarvan A en B de twee eerste zijn. Wanneer

neer wij zeggen, dat de rede van P tot Q de driedubbelde is van de rede van A tot B, geeft het volgens ons te kennen, dat die rede uit de vermenigvuldiging van de rede  $\frac{A}{B}$ , twee malen door

zich zelve gemultipliceerd, ontstaat, of, dat zij de rede is van  $A^3$  tot  $B^3$ : volgens EUCLIDES, dat de rede van P tot Q de rede is van de eerste tot de vierde van vier gedurig evenredige grootheden, waarvan A en B de twee eerste zijn. Hoe veel nu die uitdrukkingen in den eersten schijn van elkander verschillen mogen, komen zij op het zelfde uit, zoo als wij zulks in de Aanmerking op het XV. Voorstel zullen bewijzen.

EUCLIDES heeft zekerlijk zijne bepaling boven de andere, die natuurlijker is, en hem niet onbekend was, als regtstreeks uit de 5. Bep. van het VI. Boek volgende, verkoren, om dat hij de verdubbelde rede van twee lijnen in het VI. Boek wilde gebruiken: terwijl hij wel begreep, dat de multiplicatie in eenen strikten zin alleen op getal'en, en niet op lijnen of andere grootheden kan geschieden; waarom hij dan ook, bij het denkbeeld van de verdubbelde rede van lijnen, het denkbeeld van multiplicatie wilde vermijden.

### XIX. BEPALING.

Men noemt *onderverdubbelde* rede, *onderdriedubbelde* rede, en zoo voorts, eene rede, die de tweede, of de derde wortel, en zoo voorts, is van eene gegeven rede.

Bijv.  $\sqrt{\frac{A}{B}}$  of  $\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{B}}$ :  $\sqrt[3]{\frac{A}{B}}$  of  $\frac{\sqrt[3]{A}}{\sqrt[3]{B}}$  zijn onderverdubbelde, en onderdriedubbele rede van  $\frac{A}{B}$ .

St VI. Bep. 6.

AANMERKING. Men maakt nog meerdere onderscheidingen van reden, welke men alle bij CLAVIUS over de bepalingen van het V. Boek van EUCLIDES zien kan. Zoo als bij voorb. *anderhalve* rede: dat is, de rede der vierkante wortels van

de derde magten, of  $\frac{\sqrt[2]{A^3}}{\sqrt[2]{B^3}}$  of  $\sqrt{\frac{A^3}{B^3}}$ .

VOOR-

*I. Afdeling: Over de geometrische evenredigheid. 109*

VOORONDERSTELLINGEN.

I.

Men vooronderstelt, dat, wanneer drie grootheden gegeven zijn, er eene vierde evenredige tot dezelve gevonden kan worden.

II.

Dat, zoo twee grootheden gegeven zijn, er eene derde evenredige gevonden kan worden.

A X I O M A T A,

O F

ALGEMEENE KUNDIGHEDEN (\*).

I.

Gelijke grootheden hebben de zelfde rede tot elkander, gelijk ook iedere derzelve tot eene derde grootheid.

Zoo  $A = B$ ,  $C = D$ ; is

$$A : B = C : D$$

en

$$A : E = B : E.$$

EUCL. V. 7.

II.

Eene grootere grootheid heeft tot eene andere eene grootere rede dan eene kleinere tot de zelfde: doch die derde heeft eene kleinere rede tot de groote dan tot de kleine: en eene grootere rede tot de kleine dan tot de groote: en omgekeerd.

Zoo  $A > B$ : is  $A : C > B : C$

$$C : A < C : B$$

$$C : B > C : A.$$

EUCL. V. 8, 10.

III.

(\*) Het verschil der wijzen waarop de evenredigheden door EUCLIDES of door ons behandeld worden, brengt te weeg, dat sommige stellingen, die, naar de bepalingen door ons gegeven, *Axiomata* zijn, het niet zijn naar de bepalingen van EUCLIDES, doch bewezen moeten worden: gelijk dan ook die Schrijver gedaan heeft.



## III.

Grootheden die tot de zelfde grootheid eene gelijke rede hebben, zijn gelijk; en omgekeerd:

$$\text{zoo } A : B \quad C : B, \text{ is } A = C$$

$$\text{zoo } A = C \text{ is } A : B = C : B.$$

EUCL. V. 9.

## IV.

De *even-vermenigvuldigde* en *even-ondervermenigvuldigde*, of *gelijkvoudige* en *gelijkdeelige* van twee gelijke grootheden zijn gelijk, en die van twee ongelijke grootheden zijn in de zelfde rede als de grootheden zelve.

$$\text{zoo } A = B, \text{ is } m \times A = m \times B \text{ en } \frac{A}{m} = \frac{B}{m}.$$

$$\text{zoo } \frac{A}{B} = q \quad \text{is } \frac{m \cdot A}{m \cdot B} = q$$

$$\text{zoo } A : B = C : D \text{ is } m A : m B = C : D \text{ en } m A : m B = m C : m D \text{ en } m A : m B = n C : n D.$$

EUCL. V. 15. en VI. 17, 18.

## GEVOLG.

Men kan dit ook aldus uitdrukken: zoo twee grootheden gelijk aan elkander zijn, wordt de gelijkheid niet gestoord, indien zij door het zelfde getal gemultipliceerd of gedevideerd worden: en eene grootheid blijft de zelfde, indien zij door de zelfde grootheden gemultipliceerd en gedevideerd wordt.

L. C. §. 296, 297. — St. V. 10, 12.

## V.

Indien twee reden gelijk aan eene derde zijn, zijn zij onderling gelijk.

EUCL. V. 11. — St. V. 11.

## VI.

Indien twee reden gelijk aan elkander zijn, en eene derzelve grooter of kleiner is dan eene derde, is de tweede het ook.

EUCL. V. 15.

ET

EIGENSCHAPPEN

D E R

GEOMETRISCHE EVENREDIGHEDEN.

I. VOORSTEL.

Indien vier grootheden  $A, B, C, D$  evenredig zijn: en men neemt gelijkvouden  $[m]$  van de eerste en derde  $[mA, mC]$  en andere gelijkvouden  $[n]$  van de tweede en vierde  $[nB, nD]$ : zal het gelijkvoud van de derde altijd even groot, groter of kleiner zijn dan dat van de vierde, naar mate het gelijkvoud van de eerste even groot, groter of kleiner is, dan dat van de tweede, welke vermenigvuldiging men ook neme.

BEWIJS Uit de onderstelling is

$$A:B = C:D \text{ of } \frac{A}{B} = \frac{C}{D}$$

$$\text{dus (Axioma 4.) } \frac{mA}{nB} = \frac{mC}{nD} : \text{ derhalve}$$

zoo  $mA$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $nB$  is ook

$mC$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $nD$

D. T. B. W.

AANMERKING. Men ziet dat de bepaling der evenredigheid, door EUCLIDES gegeven, uit de onze volgt. Zie onze XII. Bep. Aanm. 4.

II. VOORSTEL.

Zoo de rede van  $A$  tot  $B$  groter is dan die van  $C$  tot  $D$ ; kan men zoodanige gelijkvouden  $[m]$  van de eerste en derde  $[mA, mC]$  en zoodanige andere gelijkvouden  $[n]$  van de tweede en vierde nemen  $[nB, nD]$ ; dat, zoo het gelijkvoud van de eerste  $[mA]$  dat van de tweede  $[nB]$  overtreft, nochtans dat van de derde  $[mC]$  dat van vierde  $[nD]$  niet overtreffe, maar of gelijk, of kleiner zij.

TACQURT op het V. Boek van EUCLIDES Part. II. Th. 1.

BEWIJS: Zij  $A:B > C:D$  of  $\frac{A}{B} > \frac{C}{D}$ : derhalve

$$\frac{mA}{nB} > \frac{mC}{nD} : \text{ nu kan, indien } mA > nB \text{ is, } \frac{mA}{nB} > \frac{mC}{nD} \text{ zijn,}$$

zijn, al is  $mC > nD$ , en het heeft zeker plaats als  $mC = nD$ , of  $mC < nD$  is.

### III. VOORSTEL.

Indien men twee reden heeft  $A:B$  en  $C:D$ ; en men neemt gelijkvouden  $[nA, mC]$  van de voorgaande,  $[A, C]$  en andere gelijkvouden  $[nB, nD]$  van de volgende  $[B, D]$ : indien verder wanneer het gelijkvoud  $[mA]$  van de eerste voorgaande  $[A]$  grooter, of gelijk, of kleiner is dan dat  $[nB]$  van de eerste volgende  $[B]$ , ook het gelijkvoud  $[mC]$  van de tweede voorgaande  $[C]$  altijd ook of grooter, of, gelijk kleiner is dan dat  $[nD]$  van de tweede volgende, volgens welke vermenigvuldiging men wille: zijn die twee reden gelijk.

TACQUET V. B. Part. II. Th. 3.

UITLEGGING. Het voorstel is; zoo  $mA$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $nB$ ; en tevens  $mC >$  of  $=$  of  $<$   $nD$ ; is ook  
 $A:B = C:D$ .

BEWIJS. Zoo dit geen plaats heeft, is of  $A:B > C:D$  of  $C:D > A:B$ . Zoo het eerste; zal men (II. Voorstel) wanneer  $mA$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $nB$ , kunnen hebben in elk dier drie gevallen of  $mC > nD$ , of  $mC = nD$ , of  $mC < nD$ , dat tegen de aangenomen onderstelling aanloopt. Zoo  $C:D > A:B$ ; zal men, wanneer  $mC$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $nD$ , kunnen hebben in elk van die drie gevallen, of  $mA > nB$ , of  $mA = nB$ , of  $mA < nB$ ; dat insgelijks tegen de aangenomen onderstelling aanloopt. Derhalve is noch  $A:B > C:D$ ; noch  $A:B < C:D$ : dus is  $A:B = C:D$ .

### GEVOLG.

- Indien men zoodanige gelijkvouden  $[mA, mC]$  van de voorgaande nemen kan; en zoodanige gelijkvouden  $[nB, nD]$  van de volgende, dat, terwijl het gelijkvoud van de eerste voorgaande grooter is dan dat van hare volgende  $[mA > nB]$ , nochtans het gelijkvoud van de tweede voorgaande niet grooter, maar gelijk zij aan of kleiner zij dan dat van hare volgende  $[mC \text{ niet } > nD]$ , zal de reden van de eerste voorgaande tot de volgende grooter zijn, dan

*1. Afdeeling: Over de geometrische evenredigheid. 113*

dan die van de tweede voorgaande tot hare volgende [ $A : B > C : D$ .]

TACQUET V. B. Part. II. Th. §.

BEWIJS. Zoo dit niet is; zij  $A : B = C : D$ , en dus (III. Voorstel) zoo  $m A > n B$ , is  $m C > n D$ , dat tegen de onderstelling aanloopt.

Zoo  $A : B < C : D$ , of  $C : D > A : B$ ; zal  $\frac{C}{D} > \frac{A}{B}$ , dus  $\frac{m C}{n D} > \frac{m A}{n B}$

zijn; gevolglijk, zoo  $m A > n B$ , zal ook  $m C > n D$  zijn, dat tegen de onderstelling aanloopt; dus is noch  $A : B = C : D$ , noch  $A : B < C : D$ : gevolglijk is  $A : B > C : D$ .

I. AANMERKING. Men ziet uit dit Voorstel en zijn Gevolg, hoe de gelijkheid van rede uit de leer der gelijkvouden, door EUCLIDES aangenomen (zie Aanmerking IV. op de XII. Bepaling) afgeleid wordt: en derhalve dat de eene leer hieromtrent volmaakt met de andere overeenkomt. Het blijkt verder, dat het om het even is of de grootheden onderling meetbaar, dan of zij onmeetbaar gesteld worden.

II. AANMERKING. Wij zullen ons dan nu in het vervolg niet meer met de meetbaarheid of onmeetbaarheid in de Voorstellen ophouden, en den leiddraad onzer XII. Bepaling volgen: alleenlijk zullen wij in de aanmerkingen hier en daar een woord tot opheldering bijvoegen.

#### IV. VOORSTEL.

In alle evenredigheden, naar mate de voorgaande van de eerste rede grooter, even groot, of kleiner is dan de volgende: zal ook de voorgaande van de tweede rede grooter, even groot, of kleiner zijn dan de volgende.

EUCL. V. 14. — L. C. §. 306.

BEWIJS. Uit de onderstelling zelve dat  $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$ .

#### V. VOORSTEL.

Wanneer vier grootheden eene geometrische evenredigheid uitmaken: is het product van de beide uiterste gelijk aan dat der beide middelste: en omgekeerd; wanneer twee producten, ieder uit twee grootheden bestaande, gelijk zijn, zijn die grootheden in eene Geometrische evenredigheid: de eerste namelijk van het eerste product tot de

H

de

de eerste van het tweede product, zoo als de tweede van het tweede product tot de tweede van het eerste product.

EUCL. VII. 19. — St. V. 6.

BEWIJS. Uit de 11 en 12. Bep. en Gevolg van Axioma 4.

I. AANMERKING. Wij verstaan hier zoo wel de *producten* die in de daad door getallen uitgedrukt kunnen worden, als die, welke men slechts kan aanwijzen: en dus is dit Voorstel zoo wel op de *onmeetbare* als op de *meetbare* grootheden toepasfelijk.

II. AANMERKING. Men vindt dit Voorstel niet in het algemeen bij EUCLIDES: maar alleen voor de getallen in het VII. Boek; doch wij zullen in het IV. Boek, 9. Voorstel, Gevolg 5 aantoonen, dat het XVI. Voorstel van het VI. Boek van EUCLIDES met dit Voorstel overeenkomt.

### I. GEVOLG.

Indien drie grootheden gedurig evenredig zijn, is het product der uiterste gelijk aan de tweede magt der middelste.

EUCL. VII. 20. — St. V. 6 Gev. 1.

III. AANMERKING. Wij zullen in het IV. Boek, 9. Voorstel, 8. Gevolg aantoonen, dat het XVII. Voorstel van het VI. Boek van EUCLIDES met dit Voorstel overeenkomt.

IV. AANMERKING. De gelijkheid van producten levert in vele gevallen eene gemeenzame wijze op om de rede die er tusfchen grootheden is uittedrukken: de vraag bijv. welke is de verhouding van maat of gewigt op de eene plaats, en van maat en gewigt op eene andere? wordt in de meeste boeken, of mondeling bij de meesten, niet door de rede zelve, maar door een *product* beantwoord: bij v. aldus: 100 Amsterdamsche ellen zijn gelijk aan 106, of maken 106 ellen te Stettin. Men heeft hier een product van  $100 A = 106 S$ : en dus  $S$  (of de el te Stettin) tot  $A$  (of el te Amsterdam)  $= 100:106$ . Men ontwaart in dat antwoord het denkbeeld dat EUCLIDES van proportie gegeven heeft. Deze is eene der aanmerkingen door MONTUCLA (*Hist. des Math.* I. p. 210.) gemaakt om de 5. Bepaling van het V. Boek van EUCLIDES te verdedigen.

### II. GEVOLG.

Hier uit volgen van zelf de regels om eene vierde, eene derde, of eene middel-evenredige te vinden.

St. V. 7.

V.

V. AANMERKING. Het spreekt van zelf 1°. dat zoo men eene middel-evenredige zoekt tusſchen twee getallen, de zelve niet in juſte getallen gevonden, maar alleen aangewezen, of bij *nadering* daargesteld zal kunnen worden, indien het *product* der uiterſte geen *quadraat-getal* oplevert: want de middel evenredige is de wortel uit dat product. Dat echter twee lijnen gegeven zijnde er altijd eene middel-evenredige gevonden kan worden, zal in het IX. Werkſtuk van het III. Boek getoond worden.

2°. Dat zoo men eene derde evenredige aan twee gegeven getallen begeert, of eene vierde aan drie gegeven; dat derde of dat vierde getal een geheel getal of eene breuk zal kunnen zijn. Daar nu EUCLIDES in zijn VII, VIII en IX. Boek van getallen ſprekende, alleen van geheele getallen handelt, heeft hij zijn XVIII. en XIX. Voorſtel van het IX. Boek beſteed om nategaan of, wanneer twee of drie getallen gegeven zijn, er een derde, of een vierde evenredige aan dezelve zal kunnen gevonden worden.

VI. AANMERKING. Op dit gevolg ſteunt ook de geheele regel van drieën, gelijk nader in de 5. Aanmerking op het volgend Voorſtel zal gezegd worden.

VII. AANMERKING. De gelijkheid der producten  $AD = BC$  volgt onmiddellijk uit de gelijkheid der reden  $A:B$  en  $C:D$ . Zoo nu die reden niet gelijk waren, maar men hadt  $A:B >$  of  $< C:D$ : zoude op de zelfde wijze bewezen worden dat  $AD >$  of  $< BC$  is: en omgekeerd Een Voorſtel waarvan het eerſte gedeelte bij SERENUS de *Coni ſectione* het eerſte Voorſtel is, doch op lijnen; en dus op regthoeken in plaats van op producten, toegepast; en het laaſte door EUTOCIUS in zijn *Commentarius* op ARCHIMEDES werk de *Sphaera et Cylyndro*, Boek II. Voorſtel IX, gebruikt wordt.

## VI. VOORSTEL.

Wanneer vier grootheden  $[A, B, C, D]$  evenredig zijn, zullen zij het inſgelijks zijn bij *verwiſſeling* (*alterando*) de voorgaande van de tweede rede, in plaats van de volgende in de eerſte, en de volgende in plaats van gemelde voorgaande ſtellende  $[A:C = B:D]$ : en ook bij *omkeering* (*invertendo*), de volgende ſtellende in plaats der voorgaande.

EUCL. V. 16. en V. 4. Gotol. en VII. 13. — St. V. 8, Gev. 1. —  
L. C. §. 304.

**BEWIJS.** Uit het V. Voorstel.

**I. AANMERKING.** De verwisseling, (*alterna ratio*, ook bij sommigen *permutatio* genoemd,) wordt door EUCLIDES (V. B. Bep. 13.) aldus uitgelegd: „het is te stellen, de *voorgaande* tot de *voorgaande*, als de *volgende* tot de *volgende*.”

**II. AANMERKING.** Zoo lang men de grootheden in het afgetrokkenene beschouwt, gaat de verwisseling door: doch wanneer men er bepaalde denkbeelden aan hecht van deze en gene grootheid in het bijzonder, gaat zij niet door of de vier grootheden moeten gelijksoortig zijn. Bij voorbeeld, een pond vlaams staat tot een gulden, als een oxhoofd tot een anker: wederzijds zijn de voorgaande het zesvoud van de volgende; maar indien men bij *verwisseling* zegt, een pond vlaams staat tot een oxhoofd, zoo als een gulden tot een anker, heeft dit geenen zin, om dat er geen rede hooft genaamd tusschen een pond vlaams en een oxhoofd zijn kan. Daarom voegen sommigen bij dit Voorstel de voorwaarde, dat alle leden der evenredigheid gelijksoortig zijn moeten; en dit geldt ook voor het VIII. Voorstel: doch wij beschouwen hier de grootheden in het afgetrokkenene. EUCLIDES in het XIII. Voorstel van het VII. Boek, over de getallen handelende, spreekt, en met reden, van de verwisseling in het algemeen, en als altijd plaats hebbende.

**III. AANMERKING.** De Bepaling van de omkering door EUCLIDES gegeven, is deze: „de omkering der rede is te stellen, de *volgende* tot de *voorgaande*, zoo als de *volgende* tot de *voorgaande*.” Indien men dit vergelijkt met onze XVI. Bep., blijkt het dat het op het zelfde uitkomt: want

indien ik stel  $A:B = C:D$ : of  $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$  en daaruit opmaak

$B:A = D:C$  of  $\frac{B}{A} = \frac{D}{C}$ , blijkt het dat ik het omgekeerde neem. Zie Gevolg van die XVI. Bepaling.

**IV. AANMERKING.** De vier leden eener evenredigheid kunnen op verschillende wijzen veranderd worden, als men *verwisseling* en *omkeering* te samen voegt: aldus

$$\begin{array}{ll} A:B = C:D & A:C = B:D \\ B:A = D:C & C:A = D:B \\ B:D = A:C & C:D = A:B \\ D:B = C:A & D:C = B:A. \end{array}$$

En men zoude insgelijks uit die zelfde vier evenredige groot-

## 1. Afdeling: Over de geometrische evenredigheid. 117

grootheden  $A:B = C:D$  en dus uit  $A \times D = B \times C$  acht omgekeerde reden kunnen maken, aldus

$$A:B = \frac{1}{D} : \frac{1}{C} \qquad B:A = \frac{1}{C} : \frac{1}{D}$$

$$A:\frac{1}{D} = B:\frac{1}{C} \qquad B:\frac{1}{C} = A:\frac{1}{D}$$

$$C:D = \frac{1}{B} : \frac{1}{A} \qquad C:\frac{1}{B} = D:\frac{1}{A}$$

$$D:C = \frac{1}{A} : \frac{1}{B} \qquad D:\frac{1}{A} = C:\frac{1}{B}$$

het geen men altijd naar welgevallen doen kan: en de evenredigheid zal altijd tusschen die grootheden, hoe men die ook schikken moge, plaats hebben, indien de *producten* der uiterste en der middelste,  $AD = BC$  geven, of tot die gelijkheid gebragt kunnen worden.

### GEVOLG.

De getallen, die twee gelijke *producten* uitmaken, kunnen altijd zoo gesteld worden, dat er eene Geometrische evenredigheid uit volge.

L. C. §. 802.

V. AANMERKING. Op dit Voorstel en op het voorgaande steunt de geheele *regel van drieën*, de *regel van drieën in het gebroken*, de *praktijk of korte rekening*, gelijk wij dit in onze lessen door voorbeelden, welke den waren aard dier regels zullen doen kennen, gewoën zijn te bewijzen. Ik stel deze aanmerking hier, en niet achter het voorgaande Voorstel, uit hoofde dat men in de wijze waarop men doorgaands den regel van drieën stelt eene *alternatie* gebruikt: als men vraagt, 6 el kosten 13 gulden, hoe veel 17 el? is de natuurlijke wijze van handelen deze:

6 El: 17 el = 13 gl.:  $x$  gulden; waar tot waar, als geld tot geld; maar in de rekenboeken stelt men  $6 - 13 - 17 - x$ : men stelt de getallen in de zelfde orde als men ze uitspreekt; eene klaarblijkelijke *alternatie*, of *verwisseling*, in de reden die de evenredigheid uitmaken.

### VII. VOORSTEL.

Indien de producten van vier grootheden, genomen in die orde als zij opgegeven worden, namelijk van de eerste en tweede en van de derde en vierde, aan elkander gelijk zijn: dan staan die grootheden in omgekeerde rede

H 3

tot



tot elkander, de eerste tot de derde zoo als de vierde tot de tweede: of de eerste tot de vierde, zoo als de derde tot de tweede.

St. V. 8 en 21.

Bewijs. Uit het Gevolg van het VI. Voorstel.

#### GEVOLG.

Hierop steunt de manier om eene vierde *omgekeerde* evenredige te vinden; dat is, eene grootheid die zoodanig gesteld is, dat de eerste en tweede in omgekeerde rede staan van de derde en vierde.

AANMERKING. Hierop steunt de *omgekeerde regel van drieën*, zoo als wij door vele voorbeelden zullen ophelderen.

De omgekeerde regel van drieën, verschilt niet in aard, of in de bewerking, van den gewonen regel van drieën, maar alleen in de wijze van opzetten. Men kan altijd onderkennen of men den regten dan of men den verkeerden regel van drieën moet gebruiken. Wanneer, in het gevraagde, het vierde lid, dat men zoekt, in de zelfde rede groter of kleiner moet zijn dan het derde der gegevene, als het tweede groter of kleiner is dan het eerste, heeft men den regten regel van drieën: doch wanneer het vierde lid in de zelfde rede groter of kleiner zijn moet dan het derde, als het tweede (niet groter of kleiner) maar *kleiner* of *groter* is dan het eerste; heeft men het geval van den verkeerden regel van drieën: bij voorbeeld: Indien een Voerman voor zekere somme gelds 400  $\text{fl}$  80 mijlen ver brengen moet: hoe ver zal hij 950  $\text{fl}$  voor het zelfde geld brengen? Het is klaarblijkelijk dat men niet moet opzetten  $400 \text{ fl} : 950 \text{ fl} = 80 \text{ mijlen} : x \text{ mijlen}$ : want voor het zelfde geld moeten 950  $\text{fl}$  minder ver gebragt worden dan 400  $\text{fl}$ : de afstand wordt dus kleiner naar mate de last groter wordt: en de regel van drieën is omgekeerd:  $950 : 400 = 80 : x$ . Men zal zich nimmer verzinnen als men de *gewrochten* nagaat: het eene is 400  $\text{fl}$  80 mijlen ver, of  $400 \times 80$ , het ander 950  $\text{fl}$   $x$  mijlen ver: derhalven, om dat de betaling de zelfde blijft, moet men hebben  $480 \times 80 = 950 \times x$ : of  $950 : 400 = 80 : x$ .

#### VIII. VOORSTEL.

Wanneer vier grootheden evenredig zijn, heeft men door *samenstelling* de som van de eerste en de tweede  $[A + B]$  tot de eerste  $[A]$  of tot de tweede,  $[B]$  als de som van

van de derde en vierde  $[C + D]$  tot de derde  $[C]$  of tot de vierde  $[D]$ : en door *afrekking*: het verschil der twee eersten  $[A - B]$  tot de eerste  $[A]$  of tweede  $[B]$ , als het verschil der twee laatsten  $[C - D]$  tot de derde  $[C]$  of tot de vierde  $[D]$ : en *gemengd*: de som der twee eersten, tot derzelver verschil, als de som der twee laatsten, tot derzelver verschil: en omgekeerd voor alle die gevallen.

EUCL. V. 17, 18. en VII. 11. — L. C. §. 304, 305. — St. V. 13, 14, 15.

BEWIJS. Uit het V. Voorstel, 2. Gevolg, en Axioma 5.

I. AANMERKING. EUCLIDES geeft deze bepaling van de samentelling: (*Compositio*). „De samentelling van eene rede is het nemen van „de rede der voorgaande en volgende, als ééne grootheid, tot „de volgende.” V. B. Bep. 15. De bepaling van de afrekking (*Scheiding*) is bij hem deze: „De afrekking eener rede, is het „nemen der rede van de overmaat van de voorgaande boven de „volgende, tot de volgende.” Het geen men in dat geval noemt *divisio*, of *dividendo*, noem ik hier *afrekking*, of, zoo men wil, *scheiding*, (dat in dit geval de ware beteekenis is, ook van het Grieksch woord *Διαιρεσις*, door EUCLIDES gebruikt) en niet *deeling* of *divisie*, dat thans bij ons geheel andere denkbeelden dan die van eene enkele *scheiding*, of *afrekking*, of *substractie* verwekt.

#### GEVOLG.

Uit dit Voorstel kan men, bij verwisseling en omkeering, vele andere evenredigheden afleiden, die het noodeloos zoude zijn, alle in woorden uitdrukken. Zie hier de voornaamste.

De gegevene zijn:

$$\text{I. } A + B : A = C + D : C.$$

$$\text{II. } A + B : B = C + D : D.$$

$$\text{III. } A - B : A = C - D : C.$$

$$\text{IV. } A - B : B = C - D : D.$$

$$\text{V. } A + B : A - B = C + D : C - D.$$

hier uit volgen

$$\text{VI. } A : A + B = C : C + D$$

$$\text{VII. } B : A + B = D : C + D$$

$$\text{VIII. } A + B : C + D = A : C$$

$$\text{IX. } B : D = A + B : C + D$$

$$\text{X. } A + B : C + D = A - B : C - D.$$

en zoo voorts.

II AANMERKING. De I. evenredigheid *verwisseld*, namelijk  $A + B : C + D = A : C$  vergeleken, als onderstelling, met de IX. namelijk  $B : D = A + B : C + D$  als *bestaat*, levert de stoffe der 19 Propositie van EUCLIDES op: en de I. vergeleken als onderstelling,

met de II. als besluit, levert het Gevolg van die Propositie op: namelijk: zoo samengestelde grootheden evenredig zijn, zijn zij het ook bij *omwending* (*conversio*) Hij noemt namelijk *omwending* in de 17 Bepaling, „het nemen van de rede van de voorgaande, tot „de overmaat van de voorgaande boven de volgende.”

## IX. VOORSTEL.

Indien in eene evenredigheid de eerste grootheid de grootste van alle is, is de laatste de kleinste: en de som der grootste en der kleinste is grooter dan de som van de beide overige.

BEWIJS. Voor het eerste uit het IV. Voorstel: voer het tweede

daar  $A : B = C : D$  is (Voorst. VIII.)

$A - B : B = C - D : D$

of  $A - B : C - D = B : D$ .

Maar  $B > D$

Dus  $A - B > C - D$ : of  $A + D > B + C$ .

AANMERKING. Dit Voorstel is de 25 Prop. van het V. B. van EUCLIDES, waarin die schrijver stilzwijgend vooronderstelt, dat, zoo de eerste grootheid de grootste is, de vierde de kleinste is.

## X. VOORSTEL.

Indien men twee evenredigheden heeft [ $A : B = C : D$  en  $E : F = G : H$ ] ieder uit vier leden bestaande: zullen de leden van de eene, ieder in zijn' rang, door de leden van de andere *gemultipliceerd* of *gedivideerd*, nog evenredig zijn: [d. i.]

zoo  $A : B = C : D$

en  $E : F = G : H$ ,

zal  $A.E : B.F = C.G : D.H$ ; en  $\frac{A}{E} : \frac{B}{F} = \frac{C}{G} : \frac{D}{H}$  zijn.

L. C. § 307. — St. V. 17.

BEWIJS. Uit het V. Voorstel en zijn tweede Gevolg.

## I. GEVOLG.

Indien vier getallen evenredig zijn, zullen ook hunne magten en hunne wortels, van de zelfde orde, evenredig zijn.

L. C. § 308. — St. V. 18.

II. GEVOLG.

Indien vier grootheden evenredig zijn, staat de helft van de eerste tot de tweede, als de derde tot het dubbel van de vierde: of meer algemeen: De evenredigheid blijft ongestoord, al wordt eene der twee uiterste grootheden door eenig getal gedeeld, en de andere tevens door het zelve gemultipliseerd. Het zelfde heeft plaats omtrent de beide middelsten.

TACQUET *Lemma* ad pr. 11. ex *Archimede*. — St. V. 20.

XI. VOORSTEL.

Indien men twee, of meerdere, evenredigheden heeft,  $[A : B = D : E \text{ en } B : C = E : F]$ , waarin de voorgaande of volgende van de eerste, ook, het zij voorgaande, het zij volgende, is van de laatste: zullen de overige leden van de eerste, ieder in zijn rang, evenredig zijn aan de overige leden van de laatste,  $[A : C = D : F]$ .

S. V. 19.

BEWIJS. Uit het X. Voorstel.

I. AANMERKING. Dit Voorstel behelst de 22 en 23. Propositionen van EUCLIDES en ook de 22. van zijn VII. Boek: hij noemt het besluit (*ex aequo*) uit *gelijkheid*: doch het besluit, zoo  $A : B = D : E$ : en  $B : C = E : F$ : is  $A : C = D : F$ , wordt uit *gelijkheid met orde* genoemd: en het besluit, zoo  $A : B = E : F$ : en  $B : C = D : E$ : is  $A : C = D : F$ , uit *gelijkheid, zonder orde*. Beide de besluiten worden uit *gelijkheid* genoemd, om dat het besluit in eene gelijkheid van reden bestaat: de gegeven gelijke reden zijn in het

eerste geval  $\frac{A}{B}$ ,  $\frac{B}{C}$  en  $\frac{D}{E}$ ,  $\frac{E}{F}$  en in het tweede  $\frac{A}{B}$ ,  $\frac{B}{C}$  en  $\frac{E}{F}$ ,  $\frac{D}{E}$ ,

in beiden nu, besluit men de gelijkheid tusschen  $\frac{A}{C}$  en  $\frac{D}{F}$ : doch

in het eerste geval gaat de gelijkheid van reden voort in de zelfde orde wederzijds: namelijk aan den eenen kant zijn gegeven  $A$ ,  $B$ ,  $C$  aan den anderen  $D$ ,  $E$ ,  $F$ : de gelijke reden zijn in de zelfde orde wederzijds van de eerste en de tweede grootheid,

$\left(\frac{A}{B} \text{ en } \frac{D}{E}\right)$  van de tweede en de derde  $\left(\frac{B}{C} \text{ en } \frac{E}{F}\right)$ ; dus is het

besluit met *orde*: in het tweede geval zijn de gelijke reden niet wederzijds in de zelfde orde: zij zijn van de eerste en de tweede

grootheid  $\left(\frac{A}{B}\right)$  aan den eenen kant, doch van de tweede en de

derde  $\left(\frac{E}{F}\right)$  aan den anderen: en van de tweede en de derde  $\left(\frac{B}{C}\right)$

aan den eenen, doch van de eerste en de tweede  $\left(\frac{D}{E}\right)$  aan den anderen; dus besluit men wel uit gelijkheid, doch zonder orde. En hieruit zullen de drie volgende bepalingen van EUCLIDES genoegzaam opgehelderd worden.

De 18. „Men besluit uit gelijkheid, wanneer er verscheide „grootheden gegeven zijn, wederzijds gelijk in getal, en de eerste „van den eenen kant tot de laatste is, als de eerste van den anderen, tot de laatste: of anders: Het nemen der uiterste, met „achterlating van de middelste.” En indedaad in het besluit wordt niets van de middelste gewaagd.

De 19. „De evenredigheid is, *met orde*, als de voorgaande is „tot de volgende, zoo als de voorgaande tot de volgende: of als „de volgende tot eene andere is, zoo als de volgende tot eene „andere.”

De 20. „De evenredigheid is *zonder orde*, wanneer er weder- „zijds eene reeks van drie grootheden gegeven zijnde, de voor- „gaande tot de volgende van de eerste reeks staat als de voor- „gaande tot de volgende van de tweede: en zoo als in de eerste „de volgende tot een ander, aldus in de tweede eene andere tot „de voorgaande.” Bij voorbeeld: gegeven zijnde A, B, C en D, E, F: de voorgaande A tot de volgende B, zoo als de voorgaande E tot de volgende F: en de volgende B, tot eene andere C, zoo als eene andere D tot de voorgaande E.

II. AANMERKING. Ons Voorstel is algemeener, behelst alle mogelijke gevallen, en men behoeft nu niet op eenig onderscheid van *met orde*, of *zonder orde*, te letten.

III. AANMERKING. Dit Voorstel is de grond, waarop alle bewerkingen gevestigd zijn, die men verrigt in den regel van *Tijven*, den *Ketting regel*, *Gezelschaps regel*, en zoo voorts: waarin men het gevraagde vindt door eene aaneenschakeling van enkele evenredigheden, in welke altijd eenige leden de zelfde zijn, en dus door *besluit uit gelijkheid* verdwijnen; zoo als wij zulks door een aantal voorbeelden zullen ophelderen.

Zie L. C. §. 324.

#### I. GEVOLG.

$$\text{Zoo } A : B = D : E$$

$$\text{en } B : C = E : F$$

$$\text{of zoo } A : B = E : F$$

$$\text{en } B : C = D : E$$

in beide de gevallen

is D of  $>$  of  $=$  of  $<$  F naar mate

A of  $>$  of  $=$  of  $<$  C.

Dit blijkt uit dit en het IV. Voorstel: en het maakt het 20 en 21 van EUCLIDES uit, waarin hij ook deze besluiten *uit ongelijkheid*, *met* of *zonder orde*, noemt.

II.

## II. GEVOLG.

Men kan, in eene evenredigheid, altijd voor twee leden andere, die met dezen evenredig zijn, stellen; bij voorbeeld,

$$\begin{array}{l} \text{zoo } A : B = CD : EF \text{ en} \\ C : E = I : K \end{array}$$

---


$$\text{is } A : B = ID : KF.$$

IV. AANMERKING. Deze is de grond waarop de regel *van valsche positie* steunt; zoo als wij door voorbeelden zullen uitleggen.

L. C. §. 325.

## XII. VOORSTEL.

Zoo vier grootheden evenredig zijn: staat de tweede magt van de som der twee eerste, tot de tweede magt van de som der twee laatste, als het product der twee eerste, tot het product der twee laatste.

BEWIJS. Om dat  $A : B = C : D$  is (Voorst. VIII.)  $A + B : A = B + C : B$ ; en dus (Voorst. VI.)  $A + B : B + C = A : B$ , waaruit (Voorst. X. Gev. 1.)  $(A + B)^2 : (B + C)^2 = A^2 : B^2 = A \times A : B \times B$ ; (door Voorst. XI. Gev. 2.)  $(A + B)^2 : (B + C)^2 = A \times B : C \times D$ .

AANMERKING. Dit Voorstel is het 12 bij SERENUS *de Sectione cylindri*: doch op lijnen, en dus ook op vierkanten en rechthoeken toegepast. ARCHIMEDES heeft van dit Voorstel gebruik gemaakt in zijn II. Boek *de Sphaera et Cyindro*, Voorstel III: waarom ook PEYRARD in zijne Fransche vertaling van dat werk er in eene aanmerking een bewijs van gegeven heeft.

## XIII. VOORSTEL.

Zoo men twee evenredigheden heeft, [ $A : B = C : D$ ,]  $E : F = G : H$ , en de reden uit welke zij bestaan gelijk zijn,  $\left(\frac{A}{B} = \frac{C}{D} = \frac{E}{F} = \frac{G}{H}\right)$ ; zullen de sommen, of verschillen, der grootheden, in die beide evenredigheden, ieder in haar rang genomen, ook evenredig zijn.

BEWIJS. Uit het V. Voorstel, en zijn 2. Gevolg.

L. C. §. 309.

AANMERKING. Van dit Voorstel is de 24 Prop. van het V. Boek van EUCLIDES een bijzonder geval: namelijk, zoo  $A : B = C : D$  en  $E : B = F : D$ , is  $A + E : B = C + F : D$ ; in

in woorden dus: „Zoo vier grootheden  $[A, B, C, D]$  evenredig zijn, en eene vijfde tot de tweede staat, als de zesde tot de vierde; is de samentelling van de eerste en de vijfde tot de tweede, als de samentelling van de derde en de zesde tot de vierde.”

## GEVOLG.

Indien men bij de volgende van vier evenredige grootheden, andere grootheden voegt, of ze er van afrekt, die in de zelfde rede staan als de voorgaande, zullen die sommen of verschillen in gelijke rede met de voorgaande blijven.

## XIV. VOORSTEL.

Indien men twee evenredigheden heeft  $[A : B = C : D : \text{en } E : F = G : H]$  en de voorgaande in beiden ook evenredig zijn  $[A : C = E : G]$  zullen de sommen of verschillen der grootheden in de beide evenredigheden, iedere in haren rang genomen, ook evenredig zijn.

L. C. §. 309.

BEWIJS. Uit het V. Voorstel, en het Gevolg van het VI.

AANMERKING. Dit en het voorgaand Voorstel leveren de twee eenigste gevallen op, waarin men tot de evenredigheid van de sommen, of verschillen, der leden van twee evenredigheden besluiten kan.

## E I G E N S C H A P P E N

## V A N D E

GEOMETRISCHE REEKSEN,  
OF PROGRESSIEN.

## XV. VOORSTEL.

Indien verscheiden grootheden  $[A, B, C, D, E, \text{enz.}]$  gedurig evenredig zijn, of eene geometrische reeks uitmaken; staat de eerste tot de derde in verdubbelde rede van de eerste tot de tweede; tot de vierde in driedubbelde rede en zoo voorts: in een woord; de eerste staat tot de

de grootheid die  $n$  in rang is, zoo als de magt  $\overline{n-1}$  van de eerste tot de magt  $\overline{n-1}$  van de tweede.

L. C. §. 298, §18. — St. V, 28.

BEWIJS. Uit de XIII. Bep. en het X. Voorstel.

### I. GEVOLG.

Dus is de rede van het eerste lid tot eenig ander lid samengesteld uit de reden van alle de tusschenin geplaatste leden tot elkander; dat is, daar alle die reden gelijk zijn, uit de rede van het eerste lid tot het tweede, zoo dikwerf door zich zelf vermenigvuldigd, als er leden zijn tot aan het gegeven lid.

AANMERKING. De bepaling door EUCLIDES gegeven van verdubbelde, of driedubbelde rede, van twee grootheden  $[A : B]$ ; dat zij namelijk de rede is van het eerste lid eener gedurige evenredigheid, waarvan de gegeven grootheden de twee eerste leden zijn, tot het derde, of tot het vierde, komt dan met onze bepaling zeer wel overéén. Zie hier boven XVIII. Bepaling en Aanmerking op dezelve.

### II. GEVOLG.

De middelevenredige tusschen twee grootheden is kleiner dan de grootste, doch grooter dan de kleinste.

Want zij  $A : B = B : C$ :

Dus  $A^2 : B^2 = B^2 : C^2 = A : C$  (X. Voorstel, 1. Gev. en dit Voorstel.)

Maar  $A \succ C$ : dus  $A \succ B$  en  $B \succ C$ . (IX. Voorstel.)

AANMERKING. Dit Gevolg is het I. *Lemma* na de 4 Propositione in het Boek van ARCHIMEDES *de Sphaera et Cylindro*.

### III. GEVOLG.

Ieder lid van eene geometrische reeks is gelijk aan het voorgaande, door (Bep. XI. Aanm. 2.) den *Aanwijzer* vermenigvuldigd.

### IV. GEVOLG.

Alle geometrische reeksen kunnen aldus worden uitgedrukt, indien A het eerste, B het tweede lid, en  $q$  de

*aanwijzer*, of  $q = \frac{B}{A}$ , is;  $A, Aq, Aq^2, Aq^3, Aq^4,$

$Aq^5, \dots, Aq^{n-1}$

L. C. §. 311. — St. V. Bep. 25.

V.



## V. GEVOLG.

Eenig lid (het  $n$ ) van eene geometrische reeks is gelijk aan het eerste door de magt  $n-1$  van den aanwijzer gemultipliceerd.

## VI. GEVOLG.

Indien het eerste lid grooter is dan het tweede, en dus de *aanwijzer* eene breuk is; is ieder lid kleiner dan het voorgaande, en de reeks is eene *afnemende reeks*, waarvan alle de leden volgens eene bestendige rede hoe langer hoe kleiner worden, zonder echter immer *nul* te kunnen zijn: en indien het tweede lid grooter is dan het eerste, is de *reeks wassende*, alle leden worden hoe langer hoe grooter volgens eene bestendige rede: het eerste lid is het kleinste van allen; doch het kan nimmer *nul* zijn.

## VII. GEVOLG.

Niets belet, dat men deze reeks, die men gesteld heeft in  $A$  te beginnen, beschouwe als vóór  $A$  beginnende, namelijk:

$$\frac{A}{q^{n-1}}, \dots, \frac{A}{q^4}, \frac{A}{q^3}, \frac{A}{q^2}, \frac{A}{q^1}, \frac{A}{q^0}, Aq, Aq^2, Aq^3, Aq^4, \dots, Aq^{n-1}$$

of, (3. Aanm. op de IV. Bepaling.)

$$Aq^{-(n-1)}, \dots, Aq^{-4}, Aq^{-3}, Aq^{-2}, Aq^{-1}, Aq^0, Aq^1, Aq^2, Aq^3, Aq^4, \dots, Aq^{n-1}$$

## VIII. GEVOLG.

Men kan ook het getal leden van eene gegeven reeks vermeerderen, met tusschen twee naastvolgende leden een aantal middelevenredige te nemen, waar door de reeks altijd geometrisch blijft: bij voorbeeld in de voorgaande reeks, tusschen  $A$  en  $Aq$ : tusschen  $Aq$  en  $Aq^2$  enz.

$$A, Aq^{\frac{1}{2}}, Aq^{\frac{1}{4}}, Aq^{\frac{1}{8}}, Aq^{\frac{1}{16}}, Aq^{\frac{1}{32}}, Aq^{\frac{1}{64}}, Aq^{\frac{1}{128}}, Aq^{\frac{1}{256}}, \text{enz.}$$

of

$$A, Aq^{0,25}, Aq^{0,5}, Aq^{0,75}, Aq^1, Aq^{1,25}, Aq^{1,5}, Aq^{1,75}, Aq^2, \text{en zoo voorts, zoo veel men wil.}$$

Er is dus geen getal, of men kan het als een lid van zoodanige eene reeks beschouwen; want er is geen getal dat niet aan eenigen wortel van een gegeven getal gelijk is: dus bij voorbeeld,

$$155 = 10^{\frac{1}{1,43069}} = 10^{0,69897} = 10^{\frac{69897}{100000}} = \sqrt[100000]{10^{69897}}. \quad \text{En der-}$$

derhalve kan 5 beschouwd worden als een lid van eene geometrische reeks, waarvan 1 het eerste en 10 het laatste lid is.

### XVI. VOORSTEL.

In alle geometrische reeksen is het product van twee leden, welke zij zijn mogen, gelijk aan het product van twee andere, die even ver van de gemelden afstaan, het eene van het eerste, het ander van het laatste: en zulks, het zij men leden neemt, die vóór het eerste, en na het laatste zijn: het zij men leden neemt die tusschen beiden invallen: en zoo, in dit geval, het getal der tusscheninvallende leden oneven is, is het gemelde *product* gelijk aan de tweede magt van het middelste lid.

St. V. 24. — L. C. §. 316.

BEWIJS. Uit het 4 en het 1 Gevolg van het XV. Voorstel.

### XVII. VOORSTEL.

In alle geometrische reeksen, waarvan de eenheid het eerste lid is, (zoo als 1,  $q$ ,  $q^2$ ,  $q^3$  . . . . .  $q^n$ ) is het product van twee leden gelijk aan een ander lid in de zelfde reeks, dat even ver staat van een der gemelde leden, als het ander van het eerste lid der geheele reeks, of van de eenheid.

BEWIJS. Uit het XVI. Voorstel.

I. AANMERKING. Deze eigenschap is een der gronden waarop de aard der Logarithmen steunt.

II. AANMERKING. Men kan deze reeks 1,  $q$ ,  $q^2$ ,  $q^3$ , . . . .  $q^n$ , ook dus schrijven:  $q^0$ ,  $q^1$ ,  $q^2$ ,  $q^3$ , . . . .  $q^n$ ; zie de 3. Aanmerking op de 4. Bepaling.

### I. GEVOLG.

Hieruit blijkt de VIII Propositie van het IX. Boek van EUCLIDES, „ zoo eenige getallen, beginnende met de eenheid, gelukkig evenredig zijn, is het derde een kwadraat getal; „ zoo als ook de volgende om het ander getal: het vierde „ is een cubiek getal, en dus vervolgens allen om het derde getal: het zevende is en een kwadraat en een cubiek getal, en dus vervolgens om het zesde getal.” en zoo ook het IX. Voorstel: „ zoo het eerste getal naast de eenheid „ een kwadraat of een cubiek getal is, zijn alle de andere in „ de geheele reeks ook kwadraat of cubiek getallen.”

1,  $q^2$ ,  $q^4$ ,  $q^6$ ,  $q^8$ , enz.: 1,  $q^3$ ,  $q^6$ ,  $q^9$ ,  $q^{12}$ , enz.

II.

## II. GEVOLG.

Men kan deze reeks  $1, q, q^2, q^3, q^4, \dots q^n$  beschouwen als reeds voor de 1 begonnen te zijn: aldus

$$\frac{1}{q^n}, \dots, \frac{1}{q^3}, \frac{1}{q^2}, \frac{1}{q}, 1, q, q^2, q^3, q^4, \dots q^n:$$

of, wat op het zelfde uitkomt, (IV. Bep. 2 en 3 Aanm.)  $q^{-n}, \dots, q^{-3}, q^{-2}, q^{-1}, q^0, q^1, q^2, q^3, q^4, \dots q^n$ ; zoo dat, indien  $q$  een geheel getal is, de leden tot  $q^0$  of 1 breuken zijn, waarvan de noemers magten van  $q$  zijn; na de 1, zijn de leden zelf de magten van  $q$ .

## XVIII. VOORSTEL.

In alle geometrische reeksen is de som van alle de voorgaande tot de som van alle de volgende, zoo als het eerste lid tot het tweede.

EUCL. V. 12. en VII. 12. — L. C. §. 3 10. — St. V. 16.

BEWIJS. Uit het XIII. Voorstel, en IV. Axioma.

## I. GEVOLG.

Indien A het eerste lid is, B het tweede, Z het laatste,  $q$  de *aanwijzer*, of het quotient van B door A gedeeld, en S de som van de geheele reeks, is

$$S = \frac{A^2 - Z \cdot B}{A - B} : \text{of, noemende } n \text{ het getal der leden}$$

$$S = \frac{A^2 - A^2 q^n}{A - A q} = \frac{A (q^n - 1)}{q - 1}.$$

L. C. §. 327. — St. V. 27.

I. AANMERKING. Voor het geen de som van eene afneemende reeks betreft, waarvan een *oneindig getal* leden genomen wordt, zie VII. Bep. 1. en 2. Aanmerking.

II. AANMERKING. Indien de leden der reeks in eene viervoudige rede afnemen, zoo dat ieder lid het vierde gedeelte zij van de voorgaande, en de geheele reeks is

$$A, \frac{A}{4}, \frac{A}{16}, \frac{A}{64}, \frac{A}{256} \text{ enz., zal men hebben } S = \frac{A^2 - \frac{AZ}{4}}{\frac{3}{4} A} \\ = \frac{4A - Z}{3} : \text{indien men het derde gedeelte van het laatste}$$

lid.

lid er bijvoegt, is  $S + \frac{1}{3} Z = \frac{4A - Z + Z}{3} = \frac{4A}{3}$ ,

het geen het 23. Voorstel oplevert van het Boek van ARCHIMEDES over de *Quadratuur van de Parabel*, en wel in de woorden welke uitmaken dit

## II. GEVOLG.

Indien grootheden in eene gedurige viervoudige evenredigheid staan, zal de som van alle de leden, te samen met het derde gedeelte van het kleinste lid, gelijk zijn aan vier derde gedeelten van het grootste lid.

III. AANMERKING. Dat  $\frac{4A}{3}$  de som is der geheele reeks, wanneer dezelve begrepen wordt in het oneindige uitgestrekt te zijn, zal in het VII. Boek, Bep. 1., Voorbeeld 5, Aanm. 4. aangetoond worden.

## III. GEVOLG.

Zoo  $\div A, B, C, D, \dots Y, Z$ , is

$B - A : A = Z - A : A + B + C + D \dots Y$ .  
of in woorden, „ zoo eenige getallen gedurig evenredig „ zijn, en men trekt van het tweede en van het laatste een „ getal af gelijk aan het eerste, staat het overschot van het „ tweede tot het eerste, zoo als het overschot van het laat- „ ste tot de som van alle de voorgaande.

EUCL. IX. 35.

BEWIJS.  $A : B = B : C = C : D : \dots Y : Z$ :

dus Voorstel VIII. N°. 2.

$A : B - A = B : C - B = C : D - C \dots Y : Z - Y$ ;  
en dus, door dit Voorstel:

$$A + B + C + \dots Y : \overline{B - A} + \overline{C - B} + \overline{D - C} \dots + \overline{Z - Y} = A : B - A.$$

of

$$A + B + C \dots Y : Z - A = A : B - A : \text{ of } B - A : A = Z - A : A + B + C \dots Y.$$

## IV. GEVOLG.

Uit het Voorstel is bij verwisseling:

$$A + B + C \dots Y : A = B + C + D \dots + Z : B ;$$

Uit het 3<sup>e</sup> Gevolg, bij verwisseling:  
 $A + B + C \dots Y : A = Z - A : B - A$ : en dus  
 $B + C + D \dots + Z : B = Z - A : B - A$  of  
 $B - A : B = Z - A : B + C + D \dots + Z$ :  
 dat is in woorden: „zoo eenige getallen gedurig evenredig zijn, en men trekt van het eerste en van het laatste een getal af, gelijk aan het eerste; staat het overschot van het tweede tot het *tweede*, zoo als het overschot van het laatste tot de som van alle de *volgende*.”

## XIX. VOORSTEL.

Zoo vier, of meerdere, grootheden [A, B, C, D, en E] zoodanig gesteld zijn, dat zij evenredig zijn aan hare verschillen [ $A : B = A - B : B = C$  enz.], zullen zij geometrisch evenredig zijn [ $\therefore A, B, C, D$ , enz.]

BEWIJS. Uit het VI. en VIII. Voorstel.

AANMERKING. Dit Voorstel is van een groot nut in de Natuurkunde.

## II. AFDEELING.

## OVER DE ARITHMETISCHE EVENREDIGHEID.

## TWEDE BEPALINGEN.

## XX. BEPALING.

Wanneer men twee gelijksoortige grootheden met elkander vergelijkt, ten einde te weten, hoe veel de ene de andere overtreft, dat is, hoe groot het verschil is dat tuschen beiden gevonden wordt, wordt men gezegd de *arithmetische rede*, die er tuschen die twee grootheden plaats heeft, nategaan: en dat verschil zelf maakt die *arithmetische rede* uit.

St. V. def 5.

AANMERKING. Alle de *algemeene* bepalingen, in het begin van dit Boek gegeven, hebben hier ook plaats: zoo als ook die van *voorgaand* en *volgend* lid, 19. Bep. bl. 98.

XXI. BEPALING.

*Arithmetische reden* worden de zelfde of gelijke reden genoemd, wanneer het verschil der grootheden, tusſchen welke zij plaats hebben, het zelfde is; dat is, wanneer het voorgaande lid van de eene rede zijn volgend lid even veel overtreft, of even veel door hetzelfde overtroffen wordt, als het voorgaande lid van iedere der andere reden zijn volgend overtreft, of door hetzelfde overtroffen wordt.

En hier van worden grootheden gezegd in *arithmetische evenredigheid*, of *proportie*, te ſtaan, of *arithmetiſch evenredig*, of *proportionaal*, te zijn, als de zelfde *arithmetiſche* rede, dat is, het zelfde verſchil, tusſchen haar plaats heeft.

St. V. def. 9, 10.

VOORBEELD.  $10 : 4 = 7 : 1$  arithmetiſch: om dat  $10 - 4 = 6$  en  $7 - 1 = 6$ : en in het algemeen is  $A : B = C : D$  arithmetiſch,

$$\text{zoo } A - B = C - D : \text{ of } B - A = D - C$$

Het ſpreekt van zelf, dat men in die beide reden het verſchil der termen in de zelfde orde nemen moet; in beide het volgende lid van het voorgaande, of in beide het voorgaande van het volgende aftrekkende.

XXII. BEPALING.

De grootheden zijn *onderscheidenlijk* (*discrete*) *evenredig*, zoo de leden der beide gelijke reden verſchillende zijn: doch *gedurig* (*continue*) *evenredig*, wanneer het volgende lid in de eerste rede, het voorgaande lid is in de tweede; het volgende lid van de tweede, het voorgaande lid van de derde, enz. De gedurige evenredigheid draagt den naam van *arithmetiſche reeks* of *progreſſie*: en *even verafſtaande* leden zijn die, welke, met betrekking tot een ander, door een gelijk getal leden van het zelve geſcheiden worden.

VOORBEELD. Indien  $A - B = B - C = C - D = D - E = E - F$  enz.: maken A, B, C, D, E, F, enz. eene arithmetiſche *progreſſie*, of reeks, uit.

I. AANMERKING. Men ziet dat deze bepaling, op het woord *arithmetiſch* na, de zelfde is als de XIII. Bepaling: en de namen *middel-evenredige*, *derde evenredige*, *vierde evenredige*,  
I 2

*uiterste, middelste, eveneensgeplaatste* hebben hier de zelfde beteekenis als in de XIV. en XV. Bepalingen; die hier ook gelden.

II. AANMERKING. Eene arithmetische progresie wordt dus aangeduidt  $\div$ ; bij voorb.  $\div A, B, C, D, E$ , enz. beteekent dat  $A, B, C, D, E$  eene arithmetische reeks uitmaken.

#### GEVOLG.

De reeks welke door grootheden, die *gedurig* evenredig zijn, gemaakt wordt, is *wasfende* of *opgaande*, indien de grootheden bestendig grooter en grooter worden: doch *afnemende* of *neêrgaande*, indien de grootheden bestendig kleiner en kleiner worden.

### E I G E N S C H A P P E N

#### D E R

### ARITHMETISCHE EVENREDIGHEDEN EN PROGRESSIEN.

#### XX. VOORSTEL.

Wanneer vier grootheden eene arithmetische evenredigheid uitmaken, is de som der uiterste gelijk aan de som der middelste.

St. V. pr. 1.

BEWIJS. Uit de XXI. Bepaling.

#### GEVOLG.

Wanneer drie grootheden gedurig arithmetisch evenredig zijn, is de som der uiterste het dubbeld van de som der middelste; en dus is het middelste lid de halve som der beide uiterste.

St. V. 1. Gevolg.

AANMERKING. Hieruit blijkt hoe men gemakkelijk eene vierde, derde, of middelevenredige vinden kan.

#### XXI. VOORSTEL.

Hoe minder twee getallen van elkander verschillen, hoe min-

## II. Afdeling: Over de arithmetische evenredigheid. 133

minder de middel-evenredige, arithmetisch genomen, verschilt van de middel-evenredige, geometrisch genomen.

L. C. Astron. §. 126.

BEWIJS. Uit het 1. Gevolg van het XX, en het 2 Gevolg van het V. Voorstel.

### XXII. VOORSTEL.

Wanneer verscheiden grootheden eene arithmetische reeks uitmaken, groeijen zij aan, of nemen zij af, met een bestendig *verschil*; zoo dat eene arithmetische reeks altijd deze gedaante heeft

$$A, A \pm V, A \pm 2 V, A \pm 3 V \dots A \pm (n-1) V.$$

St. V. 1. Gev. d. 16, 17, 18, 19.

BEWIJS. Uit de XXII. Bepaling.

I. AANMERKING. De XIV. en XV. Bepaling gelden hier even als voor de geometrische reeksen.

#### I. GEVOLG.

Ieder lid is gelijk aan de som, of aan het verschil, van het voorgaand lid en den *aanwijzer*, of bestendige rede, naar mate de reeks opgaande of nederdalende is.

#### II. GEVOLG.

Ieder lid is gelijk aan de som, of aan het verschil, van het eerste en van het *verschil* door het getal der voorgaande leden gemultipliceerd.

#### III. GEVOLG.

De rede van het eerste lid tot het derde, is dubbeld van die van het eerste lid tot het tweede: de rede van het eerste tot het vierde, is drievoud van de rede van het eerste tot het tweede en zoo voorts: zoo dat ook hier, doch in eenen *arithmetischen* zin, verdubbelde, driedubbelde enz. reden plaats hebben. Zie de XVIII. Bepaling en de Aanmerking op dezelve.

St. V. 5.

#### IV. GEVOLG.

Eene opgaande reeks kan met *nul* beginnen, en zoo ver men wil voortgaan: eene nederdalende reeks kan met *nul* eindigen, of nog beneden de *nul* voortgaan; wan-  
I 3 neer



meer de leden weder aangroeijen even als boven de nul, en door alle de zelfde trappen gelijkelyk gaan, doch als *negatief*, of *ontkennende*, beschouwd, en met het teeken  $(-)$  *minus* bestempeld worden.

$4 V, 3 V, 2 V, V, 0: - V, - 2 V, - 3 V - 4 V$ , enz.

II. AANMERKING. Men moet zich een juist denkbeeld van die *negatieve* of *ontkennende* leden vormen. Men zegt doorgaans dat de *negatieve* grootheden kleiner dan *nul* zijn: dit is geheel verkeerd. Het *negatieve* heeft slechts betrekking tot de plaatsing, of tot den zin waarin grootheden genomen worden. Hier ziet het alleen op de plaatsing: en het beteekent enkel of de grootheden aan den eenen dan wel aan den anderen kant van de plaats, van waar men afrekent, gesteld zijn. Dit zal door de volgende eenvoudige 86 figuur opgehelderd worden. Men stelle eene regte lijn  $BAb$ , op welke, op gelijke afstanden van  $A$ , loodrechte lijnen getrokken worden, die eene arithmetische reeks uitmaken: dan zal de lijn  $CGA$  die de uiteinden dier lijnen veréénigt, eene regte lijn zijn, en door  $A$  gaan: dat is, zij zal de lijn  $BAb$  in  $A$  snijden, en dus eindigt de reeks van arithmetische lijnen  $CB, MD$ , enz. in  $A$ , en het laatste lid is *nul*: doch indien men de lijn  $CA$  verlengt, en op  $BAb$ , aan den anderen kant van  $A$ , gelijke stukken  $At, ts, sr, rq, qp$  neemt, en de loodlijnen  $tl, sk, ri$ , aan den onderkant trekt; deze zullen aldaar eene reeks uitmaken, in alle opzichte aan de vorige gelijk, en met dezelfde verbonden: doch die leden van de reeks worden, ten opzichte van de eerstgemelde, *negatief* genoemd, omdat zij aan den anderen kant, en dus in eene tegengestelde rigting, of plaatsing, genomen worden.

#### V. GEVOLG.

De natuurlijke getallen  $0, 1, 2, 3$ , enz. maken eene arithmetische reeks uit.

#### XXIII. VOORSTEL.

In eene arithmetische reeks is de som van twee leden gelijk aan de som van twee andere leden, doch die even ver van de eerstgemelde af zijn: zoo dat het eerste even veel *vóór* of *na* het *eene* staat, als het tweede *na* of *vóór* het andere der eerstgemelde.

St. V. 3.

BEWIJS. Uit het voorgaande Voorstel.

GE-

GEVOLG.

Indien het getal van leden oneven is, is de som van twee leden, die even ver van het middelste af staan, gelijk aan het dubbeld van het middelste: en dus is het middelste de helft van de som dier twee andere leden.

St. V. 3. Gevolg.

XXIV. VOORSTEL.

Wanneer *nul* het eerste, of het laatste, lid van eene arithmetische reeks is; is de som van twee leden gelijk aan een derde lid, dat even ver van een dier twee leden afstaat, als het ander van het begin of einde van de reeks, of van de *nul*.

BEWIJS. Uit het voorgaand Voorstel.

I. AANMERKING. Het zelfde geldt dus ook voor de reeksen die ter wederzijde van de *nul* vervolgd worden: want men kan dezelve beschouwen als uit twee reeksen bestaande.

II. AANMERKING. Dit Voorstel is het tweede grondbeginsel waarop de aart der Logarithmen steunt.

XXV. VOORSTEL.

De som van alle de leden eener arithmetische reeks is gelijk aan de som der beide uiterste, gemultipliceerd door de helft van het getal der leden.

St. V. 4.

GEVOLG.

Dus is de som ook gelijk aan de helft van het getal der leden, gemultipliceerd door de som, of het verschil, van het dubbeld van het eerste lid, en het *verschil* door het getal der leden min één gemultipliceerd.

$$S = \frac{(2 A \pm n - 1. V) n}{2}$$

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DE HARMONISCHE EVENREDIGHEID.

#### DERDE BEPALINGEN.

#### XXIII. BEPALING.

Drie grootheden  $[A, B, C]$  worden gezegd *harmonisch* evenredig te zijn, wanneer de *geometrische* rede van de eerste tot de derde  $[A : C]$  gelijk is aan de *geometrische* rede van het verschil tusfchen de tweede en de eerste  $[B - A]$  tot het verschil tusfchen de derde en de tweede  $[C - B]$ .

Dat is: zoo  $A : C = B - A : C - B$  zijn  $A, B, C$ , *harmonisch* evenredig.

HORREBOW §. 15. — LAMI p. 461.

#### I. GEVOLG.

Het blijkt, dat indien het tweede lid grooter is dan het eerste, het derde ook grooter dan het tweede zijn zal: dus is een der twee uiterste leden het grootst en het ander het kleinst der drie leden. Waarom ook sommigen deze bepaling geven: „Drie getallen staan in eene harmonische evenredigheid indien het kleinste staat tot het grootste, als de overmaat van het middelste boven het kleinste, tot de overmaat van het grootste boven het middelste.

#### II. GEVOLG.

Drie getallen kunnen geen harmonische evenredigheid uitmaken, als het verschil van het middelste en het kleinste grooter is dan het kleinste zelf.

Uit de XXIII. Bepaling en het IV. Voorstel.

LAMI p. 463.

#### III. GEVOLG.

Dit II. Gevolg in acht genomen zijnde, blijkt het, dat men, twee getallen gegeven zijnde, een derde vinden kan, dat met de twee andere in eene harmonische evenredigheid staat.

LAMI pr. I. p. 461.

### III. Afdeeling: Over de harmonische evenredigheid. 137

I. AANMERKING. Zoo dan  $a$  en  $b$  de twee eerste getallen en  $x$  het gezochte derde is, heeft men  $x = \frac{ab}{2a - b}$ .

Zoo  $a$  en  $c$  de uiterste en  $y$  de middelste: is  $y = \frac{2ac}{a + c}$ .

Dit is reeds door THEON van Smirna opgemerkt, Cap. 61.

II. AANMERKING. Indien men [Fig. 86a] drie lijnen heeft AD, AC, AB, zullen zij harmonisch evenredig zijn, indien

$$AD : AB = AD - AC : AC - AB:$$

zoo dan AD de grootste, AC de tweede, en AB de kleinste is: en men op de lijn AD neemt, AC = AC, AB = AB, is AD - AC = CD en AC - AB = BC en dus AD : AB = CD : BC of

$$AD : CD = AB : BC,$$

zegt men dan dat die lijn *harmonisch* gesneden is: waar uit deze bepaling van den Heer LA HIRE (*Section Con. Lib. I. def. 1.*) volgt „Eene regte lijn AD wordt gezegd *harmonisch* gedeeld te zijn, indien de geheele lijn AD tot een „der uiterste deelen [AB, of CD], staat, zoo als het an „der uiterste [CD of AB], tot het middelste deel: of, „zoo de regthoek van de geheele lijn en het middelste „deel, gelijk is aan den regthoek van de uiterste deelen.”

III. AANMERKING. Hierop steunt de oplossing van het XI. Werkstuk van het III. Boek der Werkstukken.

IV. AANMERKING. Het tweede gedeelte dezer Bepaling van LA HIRE, zoo de *regthoek*, enz. wordt uit het eerste afgeleid, door het geen in het IV. Boek, Voorstel IX. Gev. 5. zal geleerd worden.

V. AANMERKING. Deze evenredigheid wordt harmonische genoemd, om dat zij de grondslag is van de harmonie. Drie snaren, die even dik, en even gespannen zijn, geven de drie voornaamste toonen uit, den octaaf, quint en quart, wanneer hare lengten zijn als 3, 4, 6. De twee die als 3 tot 6 staan, geven den *octaaf*: de twee die als 4 tot 6 staan, maken den *quint*: en de twee, welke als 3 tot 4 staan, maken den *quart* uit: die getallen nu, 3, 4, 6, zijn zoodanig gesteld dat  $3:6 = 4 - 3: 6 - 4$ .

#### XXIV. BEPALING.

Verschillende getallen maken eene harmonische reeks uit, als het eene staat tot het tweede dat er op volgt, als

latijnsche algebra § 187. „ Zoo drie getallen *harmonisch* evenredig zijn, is het verschil tuschen het tweede en het dubbeld van eerste tot het eerste, als het tweede tot het derde:” en omgekeerd. Zie ook HORREBOW §. 30.

2°. Uit  $2A - B : A = B : C$  volgt

$$C : A = B : 2A - B$$

$$\text{en } C + A : C = 2A : B$$

$$\text{of } C + A : 2A = C : B.$$

Dit is het *Theorema* van WOLF in §. 191. „ Zoo drie grootheden harmonisch evenredig zijn, is de som van de eerste en laatste tot het dubbeld van de eerste, zoo als de laatste tot de middelste.” Dit kan ook aldus uitgedrukt worden, en dan zijn het de *Theoremata* bij HORREBOW §. 23 en 22. „ zoo drie getallen harmonisch evenredig zijn, is de som der uiterste, tot een der uiterste, zoo als het ander uiterste, tot de helft van het middelste: of zoo als het dubbeld van het ander uiterste tot het middelste.”

II. AANMERKING. Het *Theorema* van WOLF in § 192, dat namelijk, „ zoo vier grootheden harmonisch evenredig zijn, de derde tot de vierde staat, zoo als het verschil tuschen de tweede en het dubbeld van de eerste tot de eerste,” is in den zin van onze bepaling valsch, als steunende op zijne onnaauwkeurige bepaling, waarvan wij in de Aanmerking op onze XXIV. Bepaling gesproken hebben.

#### XXIX. VOORSTEL.

Indien  $Z$  het  $n$ ste lid is van eene harmonische reeks, waarvan  $A$  het eerste, en  $B$  het tweede lid is, is

$$Z = \frac{A \times B}{B - (n-1)(B-A)} = \frac{AB}{B + n-1(A-B)}.$$

$$\text{BEWIJS. } A : C = B - A : C - B$$

$$\text{Dus het derde lid of } C = \frac{AB}{2A - B} =$$

$$\frac{AB}{B + 2A - 2B} = \frac{AB}{B - 2(B-A)};$$

D. T. B. W. 1°.

$$B : D = C - B : D - C;$$

$$\text{Dus } D = \frac{BC}{2B - C} = \frac{B}{2B - \frac{AB}{2A - B}} \times \frac{AB}{2A - B}$$

$$= \frac{AB^2}{4AB - 2BB - AB} = \frac{AB}{3A - 2B} = \frac{AB}{B - 3(B-A)}$$

D. T. B. W. 3°.

C.

### III. Afdeeling: Over de harmonische evenredigheid. 141

$$C : E = D : C : E - D$$

Dus het vijfde lid, of  $E = \frac{CD}{2C - D}$  of

$$E = \frac{\frac{AB}{B - 3(B - A)} \times \frac{AB}{B - 2(B - A)}}{\frac{2AB}{B - 2(B - A)} - \frac{AB}{B - 3(B - A)}} = \frac{AB}{AB(2B - 6(B - A) - B + 2(B - A))} = \frac{AB}{B - 4(B - A)}$$

D. T. B. W. 3°.

En zoo voorts voor alle de leden: en dus voor het  $n$  lid

$$Z = \frac{AB}{B - n - 1(B - A)}, = \frac{AB}{B + n - 1(A - B)}.$$

#### I. GEVOLG.

Hieruit volgt 1°. dat men ieder lid van eenè harmonische reeks vinden kan, als men de twee eerste kent, en weet, het hoeveelste het gevraagde lid is; 2°. dat men, een lid naar welgevallen, en de twee eerste gegeven zijnde, vinden kan het hoeveelste het gevraagde lid is.

#### II. GEVOLG.

Hieruit volgt dat, wanneer het tweede lid grooter is dan het eerste, en dus de reeks wasfende is, men deze niet zoo ver men wil verlengē kan; want  $B - n - 1[B - A]$  zoude eindelijk  $= 0$  kunnen worden; doch dat dit mogelijk is wanneer  $B < A$ , of de reeks afnemende is, zoo als wij zulks reeds in het XXVI. Voorstel getoond hebben.

In het algemeen, zoo de reeks wasfende, en het verschil  $[B - A]$  der twee eerste leden een effen deel van het tweede lid  $[B]$  is, is de reeks eindig: want dan wordt  $n - 1[B - A]$  eindelijk gelijk aan  $B$ : dus wordt de noemer  $B - n - 1[B - A]$  nul: en de breuk waarvan dat getal de noemer is, kan niet uitgedrukt worden.

Indien het verschil  $B - A$  een oneffen deel is van  $B$ , zoo zal men eindelijk tot een getal komen, zoodanig, dat  $B - m[B - A]$  nog kleiner is dan  $B$ , en dus dat de noemer  $B - m[B - A]$  nog *positief* is, maar dat  $m + 1[B - A]$  grooter is dan  $B$ , en dus de noemer  $B - m + 1[B - A]$  *negatief*, waar door dat lid, en alle de overige, ook *minus* zijn zullen. Bij voorbeeld, zij  $A$ , of het eerste lid, 20;  $B$ , of het tweede.

tweede, 36: dan is  $B - A = 16$  en  $B \times A = 720$ : dan zullen de leden zijn

$$20, 36, \frac{720}{36-2 \times 16}, \frac{720}{36-3 \times 16}, \frac{720}{36-4 \times 16} \text{ enz.}$$

of

$$20, 36, \frac{720}{4}, \frac{720}{-12}, \frac{720}{-28}, \frac{720}{-44}, \text{ of}$$

$$20, 36, 180, -60, -25\frac{5}{7}, -16\frac{4}{7}:$$

en men heeft als dan: bij voorbeeld

$$36: -60 = 180 - 36: -60 = 180 \text{ of}$$

$$36: -60 = 144: -240.$$

$$\text{of } 6: -10 = 12: -20.$$

insgelijks

$$180: 25\frac{5}{7} = 180 - (-60): -60 - (-25\frac{5}{7})$$

of

$$180: -\frac{180}{7} = 180 + 60: -60 + 25\frac{5}{7}$$

of

$$7: -1 = 240: -34\frac{2}{7}, \text{ of}$$

$$7: -1 = 240: -\frac{240}{7}, \text{ of}$$

$7: -1 = 7: -1$ : en zoo voorts in alle gevallen, mits behoorlijk op de teekens  $+$  en  $-$  lettende.

### XXX. VOORSTEL.

Indien men eene bestendige grootheid achtereenvolgens door de leden van eene arithmetische reeks divideert; zullen de quotienten eene *harmonische* reeks uitmaken.

HORREBOW §. 10. — LAMI p. 465.

BEWIJS. Uit het voorgaand Voorstel blijkt, dat eene harmonische reeks  $A, B, C, D, E$ , enz. dus kan worden uitgedrukt,

$$\frac{AB}{B}, \frac{AB}{B + (A - B)}, \frac{AB}{B + 2(A - B)}, \frac{AB}{B + 3(A - B)}, \frac{AB}{B + 4(A - B)}, \dots, \frac{AB}{B + n - 1(A - B)}$$

Maar  $AB$  is eene bestendige grootheid, en (XXII. Voorstel),  $B, B + (A - B), B + 2(A - B), B + 3(A - B), \dots, B + n - 1(A - B)$  maken eene arithmetische reeks: waaruit dan het Voorstel volgt.

### III. Afdeling: Over de harmonische evenredigheid. 143

#### I. GEVOLG.

Getallen, die het omgekeerde zijn van de leden eener arithmetische reeks, maken eene harmonische reeks uit.

I. AANMERKING. Indien men, zoo als HORREBOW, dit Voorstel als de bepaling van eene harmonische progressie aanneemt, kan men uit dezelve, zoo wel onze bepaling als de vorige voorstellen afleiden.

II. AANMERKING. Uit dit Voorstel blijkt genoegzaam, dat de bepaling van WOLF hier niet geldt: want men heeft hier niet

$$A : \frac{AB}{B + 3(A - B)} = A - B :$$

$$\frac{AB}{B + 2(A - B)} - \frac{AB}{B + 3(A - B)}$$

Want dan moest men hebben

$$\begin{aligned} A : A - B &= \frac{I}{B + 3(A - B)} : \frac{I}{B + 2(A - B)} - \frac{I}{B + 3(A - B)} \\ &= B + 2(A - B) : A - B \\ &= 2A - B : A - B : \text{dat vals is.} \end{aligned}$$

#### II. GEVOLG.

Wanneer men, uit eene harmonische reeks, leden uitneemt, die even ver van elkander afstaan, zullen zij ook eene harmonische reeks uitmaken.

HORREBOW § 12.

BEWIJS. Het blijkt om dat de noemers altijd in eene arithmetische reeks blijven.

#### XXXI. VOORSTEL.

Wanneer drie getallen eene arithmetische evenredigheid uitmaken, zijn de producten van het eerste met het tweede, van het eerste met het derde, en van het tweede met het derde *harmonisch* evenredig.

LAMI p. 464. prop. 4.

BEWIJS.  $\div$  I, K, L: dus

$$I + L = 2K:$$

$$I - K = K - L:$$

$$\text{maar } I \cdot K : K \cdot L = I : L \text{ (IV Ax.)}$$

$$\text{dus } I \cdot K : K \cdot L = I(K - L) : L(I - K) \text{ (IV Ax.)}$$

$$\text{of } IK : KL = IK - IL : IL - KL \text{ derhalve}$$

IK, IL, en KL, harmonisch evenredig.

#### XXXII. VOORSTEL.

Wanneer men tusschen twee getallen I, K eene arithmetische mid-



midden-evenredige [A] en eene harmonische midden-evenredige [H] neemt, zullen die vier getallen eene geometrische evenredigheid uitmaken, waarvan de twee gegevene de uiterste, en de twee gevondene de middelste leden zullen zijn.

BEWIJS. Door de onderstelling en Voorst. XX, Gev. 1. is  $A = \frac{I+K}{2}$

en door onderstelling en Bep. 23. Gev. 3.

$$\begin{aligned} H &= \frac{2 \cdot K \cdot I}{I + K} : \text{maar} \\ I : I &= K : KI \text{ (IV Axioma)} \\ \text{dus (X. Voorstel, 2 Gevolg)} \\ I + K : I &= K : \frac{KI}{I + K} \text{ of} \\ \frac{I + K}{2} : I &= K : \frac{2KI}{I + K} \\ \text{dus} \\ A : I &= K : H. \end{aligned}$$

#### I. ALGEMEENE AANMERKING.

De leer der harmonische evenredigheid is van het grootst belang in vele stukken van de Natuurkunde, waaromfrent men HORREBOW ter aangehaalde plaatse §. 45. en volg. kan raadplegen, zoo als ook mijne *Positiones Physicae* Lib. III. §. 105. Lib. IV. §. 115, & §. 294. §. 333, 361.

#### II. ALGEMEENE AANMERKING.

Er is nog eene andere soort van evenredigheid, die WOLF *tegen-harmonische* (*contra-harmonica*) noemt, in zijne latijnsche *Algebra* §. 193: namelijk drie getallen zijn *tegen-harmonisch* evenredig, zoo het verschil tusfchen het eerste en het tweede, staat tot het verschil tusfchen het tweede en het derde, als het derde tot het eerste: dus zijn A, B, C, *tegen-harmonisch evenredig*, indien

$$A - B : B - C = C : A : \text{en dus is}$$

$$C^2 - BC = BA - A^2 \text{ of ;}$$

$$C^2 + A^2 = B(C + A) : \text{en dus}$$

$$\frac{C^2 + A^2}{C + A} = B : \text{gevolglijk : Indien men de som der}$$

quadraten van twee getallen door de som dier getallen deelt, is het quotiënt *middel contra-harmonisch-evenredig* tusfchen die getallen.

Zie verder wolf §. 193—196.

Die bepaling was reeds door THEON van Smirna in zijn 58 hoofdstuk gegeven.

#### IV.

## IV. A F D E E L I N G.

## OVER DE LOGARITHMEN.

## XXV. BEPALING (\*).

Indien men twee reeksen van getallen heeft, de eene, eene geometrische reeks, de andere eene arithmetische reeks, en men dezelve zoodanig stelt, dat er tegen over ieder lid van de geometrische reeks een lid van de arithmetische reeks staat: worden de getallen van de arithmetische reeks *in het algemeen de logarithmen* genoemd van de getallen der geometrische reeks, ieder van dat getal, tegen over het welk het staat.

Bij voorbeeld: Geometrische reeks 1, 3, 9, 27, 81, 243,  
Arithmetische reeks 0, 1, 2, 3, 4, 5,  
Dan zouden 0, 1, 2, 3, 4, 5, ieder in zijn' rang de *Logarithmen* zijn van 1, 3, 9, 27, 81, 243.

St. XI. def. 1.

AANMERKING. Wij zullen in de eerste aanmerking op het volgend Voorstel een nauwkeuriger denkbeeld van Logarithmen geven.

## XXXIII. VOORSTEL.

Indien men de geometrische reeks  
 $a^0$  (of 1),  $a^1$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ ,  $a^4$ , - - - - -  $a^n$   
heeft; zijn de *exponenten* 0, 1, 2, 3, 4, enz., de logarithmen van de getallen  $a^0$  (of 1),  $a$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ , enz. ieder in zijn' rang.

St. XI. def. 2.

BEWIJS. Uit de XXV. Bep. het XV. Voorstel, 4. Gevolg, en het XXII. Voorstel, 5. Gevolg.

I. AANMERKING. In de berekening, en dus in het gebruik, der Logarithmen, onderstelt men altijd dat de eenheid, (en dus *ao.* (Zie IV. Bep. 3. Aanm.) het eerste lid van de geometrische reeks is, en dus ~~het~~ het eerste lid van de arithmetische reeks, of van de reeks der *logarithmen*: gevolgelyk zijn,

(\*) De eerste Bepalingen zijn te vinden pag. 86. de tweede pag. 98, de derde pag. 130. en de vierde pag. 136.

zijn, in eenen meer bepaalden en naauwkeuriger zin, de *logarithmen*, „getallen in eene arithmetische reeks met nul „beginnende en staande tegen over de getallen van eene „geometrische reeks, die met 1 begint.”

## I. GEVOLG.

Dus in het algemeen, indien  $a$  het getal is, waarvan de Logarithmus 1 is, zal  $1 = \text{Log. } a$ ,  $0 = \text{Log. } a^0 = \text{Log. } 1$ , en  $x = \text{Log. } a^x$  zijn.

II. AANMERKING. Dat getal  $a$ , waarvan 1 de Logarithmus zijn zal, kan naar welgevallen genomen worden: doch het hangt van dat getal af, welke de getallen zijn waarvan 2, 3, 4 enz. de logarithmen zijn zullen, daar die getallen de 2, 3, 4 magten enz. van  $a$  zijn. Om deze rede noemt men dat getal, waarvan 1 de logarithmus is, den grondslag, of de *basis* van dat *stelsel* van logarithmen; en dus kunnen er zoo vele verschillende stelsels van logarithmen zijn, als men verschillende getallen tot grondslag aanneemt.

## II. GEVOLG.

Wij hebben gezien in het 7. Gevolg van het XV. Voorstel, dat men de Geometrische reeks

$$A, Aq, Aq^2, \dots, Aq^{n-1}$$

aan den anderen kant van  $A$  verlengen kan: dus, stellende  $A = 1$ , heeft men

$$q^{-(n-1)}, \dots, q^{-4}, q^{-3}, q^{-2}, q^{-1}, q^0, q, q^2, q^3, q^4, \text{ of}$$

$$\frac{1}{q^{n-1}}, \dots, \frac{1}{q^4}, \frac{1}{q^3}, \frac{1}{q^2}, \frac{1}{q}, 1, q, q^2, q^3, q^4, \dots, q^{n-1}$$

En gevolgelyk zullen  $-(n-1), -4, -3, -2, -1$  de logarithmen zijn der breuken  $\frac{1}{q^{n-1}}, \frac{1}{q^4}, \frac{1}{q^3}, \frac{1}{q^2}, \frac{1}{q}$ .

## III. GEVOLG.

Insgelyks, indien men andere middel-evenredige tusschen twee leden, bij voorbeeld 1 en  $q$ ,  $q$  en  $q^2$  neemt, zoo als

1,  $q^{0,25}$ ,  $q^{0,5}$ ,  $q^{0,75}$ ,  $q^1$ ,  $q^{1,25}$ ,  $q^{1,5}$ ,  $q^{1,75}$ ,  $q^2$ , enz. zullen 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,25, 1,5, 1,75, 2, de *logarithmen* van die getallen zijn, ieder in hunnen rang; en dus is er geen getal hoegenaamd, of men kan zijn *logarithmus* bepalen: want dat getal valt zeker tusschen twee leden van de reeks  $q, q^2, q^3$  enz. in, welk getal men ook voor  $q$  neemt.

me: en er is geen getal of het is eenige magt of wortel van het getal  $q$  (8. Gevolg van het XV. Voorstel).

#### IV. GEVOLG.

Men kan dus in eenen nog meer bepalen ~~in~~ dan in Aanm. I. op Voorstel XXXIII. zeggen, dat „de *logaritmen* de *exponenten* zijn der magten tot welke men „een bestendig getal ( $q$ ) moet verheffen, om achterevo- „gens alle de mogelijke getallen te verkrijgen: zijnde dat „bestendig getal  $q$  de *basis*, of grondslag, van het stelsel „Logarithmen dat men aanneemt.”

LA CROIX *Algèbre* §. 242.

#### XXXIV. VOORSTEL.

De Logarithmen [ $x$  en  $y$ ] van een en het zelfde getal [ $Z$ ], welke tot verschillende stelsels van Logarithmen behooren, staan altijd in eene bestendige rede tot elkander.

BEWIJS. Zij het eene stelsel

$$a^0, a^1, a^2, a^3, \dots, a^x$$

het andere

$$b^0, b^1, b^2, b^3, \dots, b^y$$

Met stelde dat  $ax = Z = by$ : zoo als bij voorbeeld, indien  $a = 4$  is, en  $b = 2$ , is  $a^4 = 256$ , en  $b^8 = 256$ : dus  $a^4 = b^8 = 256 = Z$ : daar dan  $ax = Z$ ;  $by = Z$ ; is  $ax = by$ :  $x \text{ Log. } a = y \text{ Log. } b$  en dus  $x : y = \text{Log. } b : \text{Log. } a$ : dat is, in eene bestendige rede.

#### XXXV. VOORSTEL.

De som der Logarithmen van twee getallen is de Logarithmus van het product dier beide getallen door elkander gemultipliceerd.

Art. XI. 1.

BEWIJS. Uit het XXXIII, het XXIV en het XVII. Voorstel

#### I. GEVOLG.

De Logarithmus van het product uit verscheiden getallen is de som der Logarithmen van ieder van die getallen: dat is  $\text{Log. } (a \times b) = \text{Log. } a + \text{Log. } b$ .

## II. GEVOLG.

De Logarithmus van eenige magt  $n$  van een getal  $b$ , of van  $b^n$ , is het product van den *exponent*  $n$  gemultipliceerd door den Logarithmus van het getal  $b$ . Dat is  $\text{Log. } b^n = n \times \text{Log. } b$ .

BEWIJS. Uit het I. Gevolg en de IV. Bepaling.

St. XI. 2.

## III. GEVOLG.

Indien men dan eene tafel gemaakt heeft van de Logarithmen van alle de getallen, zal men, met te zien, welk getal tegen over de som der Logarithmen van twee of meerder getallen staat, weten, dat dit getal het product van die getallen is: en men zal dus het zeer lastig werk van *multipliceeren*, tot het gemakkelijk werk van *addeeren* herleiden.

## XXXVI. VOORSTEL.

Het verschil der Logarithmen van twee getallen is de Logarithmus van het quotient dat uit de divisie dier twee getallen voorkomt: dat is  $\text{Log. } \frac{a}{b} = \text{Log. } a - \text{Log. } b$ .

St. XI. 3.

BEWIJS. Uit het XXXIV. Voorstel, gepaard met de III. Aanmerking op de IV. Bepaling: of uit het XXXIII. Gev. 2., XXIV. en XVII. Voorstel.

## I. GEVOLG.

De Logarithmus van den wortel  $n$  uit eenig getal, (of van  $\sqrt[n]{b}$ , of  $b^{\frac{1}{n}}$ ) is het  $n^e$  gedeelte van den Logarithmus van dat getal zelf: (II. Gevolg van het voorgaand Voorstel, gepaard met de III. Aanmerking op de IV. Be-

paling). d. i.  $\text{Log. } b^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{n} \times \text{Log. } b$ .

St. XI. 4.

## II. GEVOLG.

Als men eene tafel heeft, waarin de logarithmen van al-

alle de getallen gevonden worden, zal men het lastig werk van *divideeren* tot eene *afrekking* van logarithmen, en het nog moeilijker werk van wortekrekken tot eene ligte *divisie* herleiden.

## III. GEVOLG.

$\text{Log. } \frac{1}{a}$  is dan  $= \text{Log. } 1 - \text{Log. } a$ :

dus is  $\text{Log. } \frac{b}{a} = \text{Log. } b \times \frac{1}{a} = \text{Log. } b + (\text{Log. } 1 -$

$\text{Log. } a.)$  of om dat  $\text{Log. } 1 = 0$  (Voorst. XXXIII. Gev. 1.)  $= \text{Log. } b - \text{Log. } a$ . Men noemt het *arithmetisch complement* van een' logarithmus de *rest* die men verkrijgt, wanneer men eenen logarithmus van 0 afrekt; welke *rest* dus *negatief* is (XXXIII. Voorstel, 2. Gevolg). En dus komt het afrekken van een' logarithmus met het bijvoegen van zijn *arithmetisch complement* overéén. (Zie, op het einde van dit Boek, het *Berigt* N<sup>o</sup>. VI).

## XXXVII. VOORSTEL.

Wanneer drie getallen *zeer weinig* van elkander verschillen, zullen de verschillen der logarithmen zeer ten naasten bij de zelfde rede volgen als die der getallen, waarvan zij de logarithmen zijn.

BEWIJS. Uit het XXXIII. en uit het XXI. Voorstel.

## XXXVIII. VOORSTEL.

In alle stelsels van logarithmen, zijn de logarithmen van de *basis*, en van alle de getallen die magten zijn van de *basis*, gegeven: zij zijn namelijk, *geheele getallen*, de natuurlijke getallen 1, 2, 3, enz. zelve. De logarithmen van alle de andere getallen zijn breuken, en wel zuivere breuken voor alle de getallen tusfchen de eenheid en de *basis* begrepen: gemengde breuken voor alle de overige getallen die grooter dan de *basis* zijn.

BEWIJS. Uit het XXXIII. Voorstel en deszelfs 2. Gevolg.

## GEVOLG.

In onze gewone logarithmen, die men *Tafel-Logarithmen*, om dat zij de gewone logarithmus-tafels uitmaken, of ook wel *Briggiaansche* logarithmen noemt, omdat

dat zij door HENRY BRIGGS, een' Engelschman, berekend zijn, is 10 de basis: dus is, zoo als altijd, 0 de logarithmus van 1: 1 de logarithmus van  $10^1$  of van 10: 2 de logarithmus van  $10^2$  of van 100: 3 de logarithmus van  $10^3$  of 1000: 4 de logarithmus van  $10^4$  of 10000: en zoo voort. De verdere logarithmen worden door decimale breuken uitgedrukt: en dus zijn zij voor alle de getallen tusschen 1 en 10, 0 met zoo vele cijffer-letters er achter als vereischt worden om de breuk te maken; voor alle de getallen tusschen 10 en 100, 1 met cijffer-letters tot breuk; enz. doch voor ware breuken zijn zij *negatief*: namelijk  $-1$ , met cijffer-letters er achter tot breuk voor alle de getallen tusschen 1 en  $\frac{1}{10}$ :  $-2$ , voor alle de getallen tusschen  $\frac{1}{10}$  en  $\frac{1}{100}$  enz. Zie 2. Gev. van het XXXIII. Voorstel.

De logarithmen bestaan dan uit eene cijffer-letter, 0, of 1, of 2, of 3 enz., die men het *karakter* of den *aanwijzer* noemt, en uit cijffer-letters achter het *karakter* om de noodige breuk te maken: en deze noemt men het *aanvulsel* (*mantisfa*).

Het *karakter* is dus een *geheel positief* of een *geheel negatief* getal, naar mate het tot den logarithmus van een getal behoort dat grooter of kleiner is dan de eenheid: en er zijn zoo vele eenheden in het *karakter* als er cijffer-letters in het getal, of in den noemer van de *decimale breuk*, waarvan het de logarithmus is, gevonden worden min één: dus is 0 het *karakter* van alle getallen tusschen 1 en 10: 1 van de getallen tusschen 10 en 100: 2 van de getallen tusschen 100 en 1000 enz.  $-1$  van alle de decimale breuken tusschen 1 en  $\frac{1}{10}$ :  $-2$  van alle de decimale breuken tusschen  $\frac{1}{10}$  en  $\frac{1}{100}$  enz.

St. XI. def. 3.

AANMERKING. In de gewone kleine Logarithmus-Tafels wordt het karakter altijd vóór het aanvulsel gevonden, en van het zelve met een stip afgescheiden: doch dit is nuteloos, en kan gelegenheid tot vele mislagen geven. Een getal gegeven zijnde, kan men door het gezegde altijd het karakter opmaken: bijv. voor een getal uit 6 cijffer-letters, stel voor 678901, is het karakter 6 *min* 1 of 5. Daarom wordt het karakter te regt weggelaten in de grootere Tafels van DOUWAS, SHERWIN, GARDINER, CALLET, en zoo voorts. Men vindt het karakter onmiddellijk door dit Gevolg.

XXX.

## XXXIX. VOORSTEL.

De logaritmen van alle de getallen die noch de *basis*, noch magten van de *basis* zijn, worden berekend door het gedurig vinden van geometrische middel-evenredige tusfchen die magten der basis, tusfchen welken het gegeven getal valt, en van overéénftemmende arithmetifche middel-evenredige tusfchen de logaritmen van de gemelde magten der basis,

St. XI. 6, 7.

BEWIJS. Uit het XXXIII. Voorftel 3. Gevolg.

I. AANMERKING. Men wil bij voorbeeld den Logarithmus van 5 berekenen: De logarithmus van 1 is 0: die van 10 is 1: het getal 5 ftaat tusfchen 1 en 10: ik beschouw dan de getallen 1 en 10 als de uiterfte van eene geometrifche, en de getallen 0 en 1 als de uiterfte van eene arithmetifche reeks: ik zoek dan wederzijds middel-evenredige, tot dat ik in de geometrifche reeks een getal krijg, dat zeer ten naasten bij 5 is: aldus,

Middel-evenredige tusfchen 1 en 10  $= \sqrt{1 \times 10} = \sqrt{10} = 3,162277$ : middel-evenredige tusfchen 0 en 1 is  $\frac{1}{2}$  of 0,5; dus is 0,5 de logarithmus van 3,162277: dit getal is te klein: ik zoek dan weder eene middel-evenredige tusfchen 10 en 3,162277: die gevolgelyk kleiner dan 10, doch grooter dan 3,162277 zijn zal: (XV. Voorftel 2. Gev.): deze is  $\sqrt{31,62277} = 5,623413$ : de middel-evenredige tusfchen 1 en 0,5 is 0,75: dus is 0,75 de logarithmus van 5,623413: dit getal is te groot: ik zoek dan eene middel-evenredige tusfchen 5,623413 en 3,162277 welke kleiner dan 5,623413, doch grooter dan 3,162277 zijn zal; deze is  $\sqrt{5,623413 \times 3,162277} = 4,216964$ ; ik zoek insgelijks eene middel-evenredige tusfchen 0,5 en 0,75; deze is 0,625: dus is 0,625 de logarithmus van 4,216964. Dit getal te klein zijnde, neem ik weder eene middel-evenredige tusfchen 4,216964 en 5,623413 en zoo voorts, tot dat ik tot middel-evenredige een getal verkrijge, dat zeer na bij 5 komt. Zie ook de volgende III. Aanmerking.

II. AANMERKING. Het blijkt hieruit hoe het kome, dat, daar de logaritmen de exponenten zijn van getallen in eene geometrifche reeks ftande, nothans in de Tafels de getallen, tot welken de logaritmen behooren, eene arithmetifche reeks maken, als zijnde de natuurlijke getallen 1, 2, 3, enz. Men heeft immers alle de middelleden, die tusfchen



### III. Boek : Over de evenredigheid.

0 en 1, tusfchen 1 en 2 enz. zijn, en die men mede heeft moeten berekenen om de overige te vinden, weggelaten. Het vinden van den logarithmus van een getal, bijv. van 5, is eigenlijk vinden, welke magt dat getal van de basis

10 zij: dus vindt men hier dat  $5 = 10^{0,69897}$ ; en dus is 0,69897, de exponent van die magt, de logarithmus van 5.

III. AANMERKING. Het volgt hieruit dat de Logarithmen slechts ten naasten bij gevonden worden, daar alles steunt op worteltrekken uit getallen die alle *onmeetbaar* zijn: en gevolgelyk dat de logarithmen ook naauwkeuriger zijn zullen, naar mate men de wortels naauwkeuriger, dat is tot meerder cijffer-letters, berekent. De logarithmen zelve worden doorgaands tot 7 cijfferletters in het aanvulfel gebragt.

IV. AANMERKING. Het is op deze wijze dat BRIGGS en VLAACQ de logarithmus-tafels berekend hebben: dan hoe lastig en langwylig dit werk ook zij, wordt het veel verligt, 1°. hier door, dat het genoeg is de logarithmen der *eerste* getallen, 1, 2, 3, 11, 13 enz. te berekenen: daar de overige door eene enkele optelling van logarithmen gevonden worden, bij voorb.  $\text{Log. } 21. = \text{Log. } 3 + \text{Log. } 7$ . 2°. Dat alle die middel-evenredige welke men berekent om den logarithmus van een getal te vinden, niet verloren zijn, maar wederom in het vervolg in de tafels dienen kunnen: 3°. dat wanneer de getallen zeer weinig verschillen, men de arithmetische middel-evenredige nemen kan in plaats van de geometrische (Voorst. XXI). Ook heeft men in het vervolg andere en kortere handelwijzen uitgedacht, om den logarithmus van welk getal men wil, veel gemakkelijker te berekenen. Wij zullen eene dier wijzen in het AANHANGSEL opgeven.

V. AANMERKING. NEEPER, een Schotsch Edelman, de eerste uitvinder der logarithmen, heeft zijne logarithmen op eene andere basis dan 10 berekend: zijne basis is het getal 2,7182818: dus is 1 de logarithmus van 2,7182818, daar het bij ons de logarithmus van 10 is. Die logarithmen worden de NEEPERIAANSCHÉ, ook de *natuurlijke* of *Hyperbolische* logarithmen genoemd: het eerste naar den uitvinder, het ander om dat zij ook uit de *quadratuur* van de *hyperbole* ontleend worden. Het zal genoeg zijn hier aantemerken, dat de NEEPERIAANSCHÉ of *Hyperbolische* logarithmus van 10 is 2,3025850, en dus (XXXIV. Voorstel) dat de *hyperbolische* logarithmus van eenig getal staat tot den logarithmus van het zelfde getal in de Tafels, als 2,3025850 tot 1,0000000: dat de tafel-logarithmen gevolgelyk tot de hyperbolische herleid worden, zoo men ze door 2,3025850

mukt.

multiplieert, en de hyperbolische tot de tafel-logarithmen, indien men ze door 2,3025850 divideert, of door  $\frac{1}{2,3025850}$ , dat is, door 0,4342944, multiplieert.

## B E R I G T.

Ik zal in mijne lessen zelve het gebruik der Logarithmus-tafels door voorbeelden uitleggen, en toonen hoe het zelve op de voorgaande Voorstellen rust: het is onnuttig dit gebruik hier intelascchen, om dat het voor alle Tafels gevonden wordt. Het zal echter niet ondienstig zijn aantemerkten, dat er vijf Vraagstukken optelossen zijn.

I. *Te vinden den Logarithmus van een gegeven geheel getal, dat in de Tafels staat.* Dit lost zich van zelf op.

II. *Te vinden den Logarithmus van eene decimaale breuk, het zij zuivere, het zij gemengde breuk, doch die niet uit meer cijffers bestaat dan de getallen van de Tafels die men gebruikt.*

Men zoekt den logarithmus als of het een geheel getal was, doch zonder op het *karakter* (indien het in de Tafels staat) te letten: men voegt er het karakter bij naar de Aanmerking op het XXXVIII. Voorstel, Gevolg.

Wij zullen hier uitleggen hoe, en waarom, men voor het *karakter* der logarithmen van zuivere breuken, in plaats van *negatieve* karakters, gebruiken kan 9 voor de getallen tusfchen  $\frac{1}{10}$  en 1, en dus in plaats van — 1:8 voor de getallen tusfchen  $\frac{1}{10}$  en  $\frac{1}{100}$  en dus in plaats van — 2:7 voor de getallen tusfchen  $\frac{1}{100}$  en  $\frac{1}{1000}$  en dus in plaats van — 3: en zoo voorts: altijd zoo vele eenheden van 10 af-trekkende, als er nullen vóór de eerste cijfferletter van de breuk gevonden worden.

III. *Te vinden den logarithmus van een getal, het zij een geheel getal, het zij eene breuk, uit meer cijffers bestaande dan de getallen van de Tafel.* — Men neemt de logarithmen van het naastvoorgaande en het naast volgende getal, na dat men bij ieder dezer getallen zoo vele nullen gevoegd heeft, als er cijffers meer in het gegeven getal zijn, en de *karakters* naar eisch gesteld heeft, neemt men hun verschil. Men neemt insgelijks het verschil tusfchen die twee getallen, en tusfchen het kleinste en het gegeven; vervolgens zoekt men door eenen regel van drieën een evenredig gedeelte voor den logarithmus, zeggende:

Het verschil tusfchen de twee getallen staat tot het verschil



					6,2856502
Log. 13	.	.	.	1,1139434	
Log. 24	.	.	.	1,3802112	
Log. 47	.	.	.	1,6720979	
				<hr/>	
					4,1662525
					<hr/>
					2,1193977

● waarvan het getal ten naasten bij is

131.642

Doch men werkt korter aldus:

Log. 23	.	.	.	1,3617278
Log. 303	.	.	.	2,4814426
Log. 277	.	.	.	2,4424798
Comp. ar. Log. 13	.	.	.	8,8860566
<hr/>	24	.	.	8,6197888
<hr/>	47	.	.	8,3279021

2,1193977

En het valt altijd gemakkelijk het *arithmetisch complement* van eenen *logarithmus* te nemen: want men neemt slechts (van de linker hand beginnende) het verschil van iedere cijfer-letter van den gegeven logarithmus met 9, behalven voor de laatste cijfer-letter, wier verschil men neemt met 10.

## VIERDE BOEK.

OVER DE GELIJKVORMIGHEID DER FIGUREN, EN DE REDEN VAN DERZELVER ZIJDEN EN INHOUDEN.

## INLEIDING.

## I. BEPALING.

Men noemt gelijkvormige figuren die, waarin de hoeken onderling gelijk zijn ieder aan ieder, en de zijden, die om gelijke hoeken en tevens over gelijke hoeken staan, de zelfde rede tot elkander hebben.

EUCL. VI. def. 1. — St. VI. Bep. 1. — L. G. III. Bep. 2.

VOORBEELD. In Fig. 87. is  $\angle BAE = \angle GFK$ :  $\angle B = \angle G$ :  $\angle BCD = \angle GHI$ :  $\angle CDE = \angle HIK$ :  $\angle E = \angle K$ : en verder  $AE:AB:BC:CD:DE = FK:FG:GH:HI:IK$ .

I. AANMERKING. In deze bepaling wordt van eene dubbelde eigenschap gesproken, die niet altijd plaats heeft, zoo als blijkt uit de vierhoeken in Fig. 46. en 41, die wel gelijke hoeken hebben, doch waarin de zijden niet evenredig zijn; en uit de  $\square$   $\square$   $ABDC$ ,  $\alpha bDC$ ,  $\alpha\beta DC$  in Fig. 43, die wel gelijke zijden doch ongelijke hoeken bezitten, en geen zins gelijkvormig zijn; maar wij zullen in het II. Voorstel bewijzen, dat in driehoeken de eene eigenschap altijd met de andere gepaard is: en dan in het XXIII. doen zien, wat er vereischt wordt op dat het zelfde in andere figuren plaats zoude hebben.

II. AANMERKING. Het valt zeer moeilijk eene nauwkeurige, alleszins voldoende, en op alle gevallen even toepasselijke bepaling van de *gelijkvormigheid* te geven. Het natuurlijkst denkbeeld is dat van gelijke, of de zelfde gedaante: dat twee figuren de zelfde gedaante hebben, de eene in het groot, de andere in het klein: want hadden zij gelijke grootte, waren zij in alle opzigten gelijk. Die gelijkheid van gedaante, of die *gelijkvormigheid* wordt dus hierin gezocht; 1°. dat die figuren uit het zelfde getal zijden bestaan: 2°. in de gelijkheid van sommige deelen, t. w. der hoeken: 3°. in de evenredigheid der zijden. Het eerste is klaarblijkelijk: het tweede insgelijks: want indien de zijden niet onderling de zelfde helling behielden in bei-

beide de figuren, ware er op geene gelijkheid van gedaante te denken. Het derde is ook noodzakelijk: want het is niet genoeg dat de zijden, die gelijke hoeken bevatten, evenredig zijn; bij voorb. in Fig. 87. dat  $AB:AE = KF:FG$  zoude zijn; maar het moeten de zijden zijn die tevens over gelijke hoeken staan,  $AB:AE = FG:KF$ , om dat men dan de zijden in beide de figuren volgens de zelfde orde, of den zelfden rang, neemt: het geen de gelijkheid van gedaante, en dus de gelijkvormigheid, in beide de figuren te weeg brengt.

III. AANMERKING. EUCLIDES heeft de woorden, *die tevens over gelijke hoeken staan*, in zijne bepaling achtergelaten: het komt mij voor dat zij er een wezenlijk gedeelte van uitmaken.

IV. AANMERKING. Men zal mischien vragen waarom voor de gelijkvormigheid, *gelijkheid van hoeken en evenredigheid van zijden*, en niet *evenredigheid zoo wel van hoeken als van zijden*, vereischt wordt? Indien men evenredigheid van hoeken stelde zoude daar uit hunne gelijkheid volgen: want laten de hoeken in twee figuren zijn A, B, C, D, E; en F, G, H, I, K, en dat zij ondersteld worden evenredig te zijn: dan is  $A:B:C:D:E = F:G:H:I:K$ : en derhalve [II. 8.]  $A:F = A+B+C+D+E:F+G+H+I+K$ . Maar om dat de figuren een gelijk getal zijden hebben [Aanm. II.] is uit II. 29. Gev. 1.  $A+B+C+D+E = 2R - 4R = F+G+H+I+K$ , en dus ook  $A = F$ : en gevolgelyk alle hoeken respectivelyk gelijk: de gelijkheid der hoeken zoude dus uit de onderstelde evenredigheid volgen. Ik ben die Aanmerking aan wijlen mijnen dierbaren vriend den Hoogleraar NIEUWLAND verschuldigd.

V. AANMERKING. Wij zullen in het X. Voorstel van het VII. Boek zien, hoe deze bepaling op den Cirkel toegepast kan worden.

## II. BEPALING.

Men noemt, in gelijkvormige figuren, *even-eensgeplaatste*, ook wel *gelijkvormige zijden* (*latera homologa*), die welke gelijke hoeken bevatten, en tevens over gelijke hoeken staan.

St. VI. Bep. 2.

AANMERKING. EUCLIDES heeft daarvan geene opzettelijke bepaling in zijn zesde Boek gegeven: maar in het vierde Voorstel van zijn zesde Boek bewezen, dat de zijden, welke, in gelijkvormige driehoeken, over gelijke hoeken staan, *eveneensstaande* (*homologa*) zijn:

## 158 IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.

zijn: en het blijkt uit dat bewijs dat de uitdrukking *eveneensstaande zijden*, in den zelfden zin gebruikt wordt, als *eveneensstaande leden eener evenredigheid*, volgens de 12 Bep. van zijn vijfde Boek, die hier is de 15 van het derde. Het zal ook in het vervolg blijken, dat die zijden, welke *eveneens-geplaatste* genoemd worden, in de evenredigheid tot welke zij behooren, of beide *voorgaande*, of beide *volgende leden* in die evenredigheid zijn.

### III. BEPALING.

Eene figuur wordt gezegd op eene lijn *geplaatst*, of *gesteld*, te zijn, als zij op die lijn staat. En gelijkvormige figuren worden gezegd op verschillende gegeven lijnen *eveneens-geplaatst* te zijn, als, de hoeken op die lijnen gelijk zijnde, de overige gelijke hoeken, en de evenredige zijden, zich in den zelfden rang opvolgen.

CLAVIUS Scholium op EucL. VI. 12.

AANMERKING. EUCLIDES heeft geen bepaling van *eveneensgeplaatste* figuren gegeven, maar zoodanige plaatsing in het hoofd van de XXII. propositie in zijn VI. Boek voorondersteld, en uit de orde die de evenredige zijden volgen, in het bewijs afgeleid. In fig. 87 zijn de figuren M, N op de zijden AB, FK geplaatst, en wel *eveneens* geplaatst.

---

## I. AFDEELING.

### OVER DE GELIJKVORMIGHEID VAN DRIEHOEKEN EN PARALLELOGRAMMEN, EN DE REDE VAN DERZELVER INHOUD.

#### I. VOORSTEL. Fig. 45.

Indien men binnen den driehoek [ADE] eene lijn [BC] evenwijdig aan eene der zijden [DE] trekt: zal die lijn de beide overige zijden in gelijke rede snijden: en omgekeerd; zoo eene lijn twee zijden in de zelfde rede snijdt, zal zij evenwijdig aan de derde zijde zijn.

EUCL. VI. 2. — St. VI. 2. — L. G. III. 15, 16.

#### I. BEWIJS.

Er hebben twee gevallen plaats: want de lijnen AB en AD hebben *eene gemeene maat*, of wel, hebben *geen gemeene maat*, dat is, zij zijn *onderling onmeetbaar* (III. Bep. 8.).

I.

*I. Afdeeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 159*

**I. GEVAL.** Indien de lijnen  $BA$ , en  $BD$  eene gemeene maat, stel de lijn  $AZ$ , hebben: dan behelst de lijn  $BA$  die maat, bij voorbeeld,  $m$  malen, en de lijn  $BD$   $n$  malen: en men bewijst uit I. 35. Gev., dat, zoo  $ZQ \parallel DE$ , dan  $AC$  de lijn  $AQ$  ook  $m$  malen, en  $CE$  die zelfde lijn  $AQ$   $n$  malen, bevat, waartuit volgt (III. Axioma IV en Voorst. I.) dat men heeft  $BA:BD = AC:CE$ .

Het omgekeerde wordt uit het ongerijmde bewezen: want zoo  $ED$  niet  $\parallel BC$ : zij  $EM \parallel BC$ : dan is door het eerste  $AC:CE = AB:BM$ : dat onmogelijk is, vermits door onderstelling,  $AC:CE = AB:BD$ .

**II. GEVAL.** Indien  $AB$  en  $BD$  geen gemeene maat hebben, zal, niet te min,  $AB:BD = AC:CE$  zijn: want zoo neen; zij  $AB:BM = AC:CE$  dan is [door het I. Geval omgekeerd]  $EM \parallel BC$ : maar  $BC \parallel DE$  [onderst.]: derhalve  $EM \parallel DE$ : dat ongerijmd is.

**AANMERKING.** Dit bewijs komt ons voor uit den waren aard der zaken ontleend te zijn, en dus, wijsgeerig gesproken, den voorkeur boven andere te verdienen. **EUCLIDES** heeft een ander bewijs gegeven, ontleend uit ons volgende VI. Voorstel [dat bij hem het I. des zesden Boeks is], dat namelijk driehoeken, die de zelfde hoogte hebben, in de rede hunner grondlijnen staan: doch de Heer **D'ALEMBERT** heeft reeds te regt aangemerkt, dat dit bewijs slechts *indirect* is. Daar het echter mischien aan sommigen gemakkelijker schijnen zal, zullen wij er de gronden van opgeven, ons VI. Voorstel bewezen stellende: en in de daad, daar het van de vijf voorgaande stellingen onafhankelijk is, kan men het eerst nagaan en bewijzen, en, zoo men wil, voor het eerste en dit voor het tweede van dit Boek houden.

**II. bewijs. Fig. 88.**

Uit **EUCLIDES** ontleend: en steunende op het volgende VI. Voorstel. Na de lijnen  $BE$  en  $DC$  getrokken, en, uit het II. Boek XIII. Voorstel, de gelijkheid der inhoud van de driehoeken  $BCE$  en  $DBC$  bewezen te hebben, toont men uit het VI. van dat Boek, dat de driehoeken  $DBC$  en  $BAC$  zijn als de grondlijnen  $DB$  en  $BA$ : insgelijks ook de driehoeken  $BCE$  en  $BAC$  als de grondlijnen  $AC$  en  $CE$ : waaruit dit Voorstel door [III. 5.] volgt.

**BEWIJS van het omgekeerde.** Het zelfde gaat voort uit het ongerijmde; of ook rechtstreeks, gelijk **EUCLIDES** gedaan heeft met in het VI. Voorstel van dit Boek. [bij hem VI. 1.] te bewijzen, dat de  $\Delta BAC$  en  $DBC$  in de zelfde re.



160 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

rede staan als  $AB : DB$ ; en de  $\Delta BCA$  en  $CBE$  als  $CA : EC$ : en derhalve dat, door de onderstelling,  $\Delta BAC : \Delta DBC = \Delta BAC : \Delta BCE$ : dat gevolgelyk  $\Delta DBC \propto \Delta ECB$ ; en derhalve [II. 13. Aanm. 2]  $BC \parallel DE$ .

I. GEVOLG.

De geheele zijden zijn in de zelfde rede als hare stukken: namelijk

$$AD : AB = AE : AC$$

$$AD : DB = AE : CE$$

uit dit Voorstel en III. 8.

L. G. III. 15. Corol 1.

II. GEVOLG. Fig. 45.

Indien twee lijnen, die met elkander eenen hoek maken, door zoo vele aan elkander evenwijdige lijnen als men wil gesneden worden: zullen de deelen die, door gemelde snijdingen, op eene der lijnen ontstaan, evenredig zijn aan de deelen op de andere lijn, in de zelfde orde genomen,

L. G. III. 15. Corol 2:

AANMERKING. Dit Voorstel stelt ons in staat om uit het I. Boek der Werkstukken het 8. [1. oplossing], en het 9. optelosen.

II. VOORSTEL. Fig. 89.

Wanneer de drie hoeken  $[BAC, ABC, ACB]$  eens driehoeks  $[ABC]$  gelijk zijn aan de drie hoeken  $[DAE, ADE, AED]$  van eenen anderen driehoek  $[ADE]$  ieder aan ieder; zijn die zijden, welke in beide de driehoeken gelijke hoeken bevatten, en over gelijke hoeken staan, in de zelfde rede.

EUCL. VI. 4. — St. VI. 4. — L. G. III. Gev. 16.

BEREIDING. Men onderstelt dat de  $\Delta DAE$  in den hoek  $BAC$  van den  $\Delta ABC$  geplaatst is, waaruit, door de onderstelling en I. Bep. 10. volgt dat  $DE \parallel BC$ . Men trekt  $DF \parallel EC$ : waaruit (I. 31.) volgt  $DE = FC$ .

BEWIJS. 1°. Uit Voorstel I. Gev. 1, voor  $AD, AE, AB,$

*1. Afdeeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 161*

$AB$ ,  $AC$ : en dan  $2^o$ . voor  $AB$ ,  $BC$ ,  $AD$ ,  $FC (= DE)$ ; en uit  $1^o$ . en  $2^o$ . voor  $AC$ ,  $BC$ ,  $AE$ ,  $DE$ .

**I. GEVOLG.**

Driehoeken die gelijke hoeken hebben, zijn gelijkvormig.

**I. AANMERKING.** Het is om de gelijkvormigheid te besluiten genoeg te weten dat de driehoeken twee gelijke hoeken, (ieder aan ieder) bezitten: want dan is (I. 15. Gev. 2.) de derde altijd gelijk aan den derden.

L. G. III. 18. Gev.

**II. AANMERKING.** Men kan thans het 1, 2, 4, 5, 6, 10 en 12 Werkstuk van het III. Boek oplossen.

**II. GEVOLG.** Fig. 91 en 92.

Wanneer twee driehoeken gelijke hoeken hebben, *en dus* gelijkvormig zijn; zijn de hoogten  $[BG, EH]$  in de zelfde rede als de eveneensstaande zijden; en de grondlijnen (*zoo noodig verlengd*), worden door de loodlijnen  $[BG, EH]$  uit de toppen  $[B, E]$  op dezelve getrokken, in evenredige deelen gesneden.

St. VI. 4. Gev.

**III. AANMERKING.** De gevolgtrekking *en dus* blijkt uit het I. Gevolg. De woorden, *zoo noodig verlengd*, gelden wanneer een der hoeken op de grondlijn stomp is: want dan valt de loodlijn buiten den driehoek (I. 16).

**III. GEVOLG.** Fig. 93.

Indien men op eene lijn  $BD$  een stip  $B$  neemt, en uit twee andere stippen  $[D, E]$ , twee lijnen  $[DC, EG]$  naar den zelfden kant zoodanig trekt, dat zij en evenwijdig aan elkander, en in de zelfde rede zijn als hare afstanden van het stip  $B$   $[DC: EG = DB: EB]$ , zullen hare uiteinden  $C, G$ , met het stip  $B$  in ééne regte lijn zijn.

**BEWIS.** Het volgt, door dit Voorstel, uit de ongerijmdheid waarin men vervalt met het tegendeel te stellen.

Immers indien  $CG, GB$  twee verschillende lijnen uitmaken, zij dan  $CTL$  ééne lijn: dan is door dit Voorstel,  $CD: GE = DL: EL$ , en dus  $DL: EL = DE: EB$ , dat onmogelijk is, om dat  $DL > DE$  en  $EL < EB$ .

**IV. AANMERKING.** Dit Gevolg, of dit Voorstel, is in vele  
L ge-

gevallen, ook in de Natuurkunde, van nut; men vindt het bij R. SIMSON; *Sect. Con. II. Lemma 1. ad. prop. 10. p. 34.*

V. AANMERKING. Het blijkt uit het bewijs van dit Voorstel dat „indien de eveneensstaande zijden van twee driehoeken „ADE, ABC [Fig. 89] evenwijdig aan elkander zijn, „ieder aan ieder, die driehoeken gelijkhoekig, en dus gelijkvormig zullen zijn:” Dit Voorstel wordt bij LE GENDRE (III. 21.) met zoo vele woorden opgegeven. Die Schrijver voegt er bij dat, „indien de zijden van eenigen „driehoek FED [Fig. 90.] loodregt staan op die van eenen „anderen driehoek [BAC], iedere op iedere, die twee „driehoeken gelijkvormig zullen zijn:” het geen op het zien der figuur (uit II. 29. en I. 3. op de vierhoeken GBIE, DIAH, GFHC toegepast) gemakkelijk wordt opgemaakt.

Die eigenschap echter kan ook aldus uitgedrukt worden. „Indien op iedere zijde eens driehoeks uit een stip, naar „willekeur genomen, eene loodlijn wordt opgerigt, zullen „die loodlijnen of zich in een stip vereénigen, of door „hunne ontmoetingen eenen driehoek vormen den gegebenen gelijkvormig.” Het eerste heeft altijd plaats als de stippen in het midden der zijden genomen worden (zie V. Boek, II. Voorstel, Gev.) en kan op vele andere wijzen plaats hebben.

VI. AANMERKING. Op dit Voorstel steunt het gebruik der *Transversale lijnen* die men op alle *Pleinschalen* aantreft, om geringe onderdeelen van de maat, welke de pleinschaal opgeeft, te kunnen nemen.

Men behoeft slechts het oog op fig. 88b. te werpen, om te zien, dat in  $\triangle BAC$ , vermits AC in 10 deelen door de horizontale lijnen gedeeld is, de lijn gemerkt 1 binnen den driehoek  $\frac{1}{8}$  van BC zal aanduiden: de lijn 2,  $\frac{2}{8}$ ; de lijn 3,  $\frac{3}{8}$  enz. en dat in  $\triangle 10, 10, 9$  de zelfde deelen, in omgekeerde orde, van boven naar beneden voortgaan. Indien ik dus op de onderste lijn de eene punt des pasfers stelde op 20, de andere op 5, zoude ik hebben 25 deelen; maar indien ik de eene punt des pasfers op de perpendiculaire lijn 2b voortschuif, en de andere op de schuinsche of *transversale* lijn 5, tot dat beide komen op de horizontale lijn 6; zal ik niet alleen 25 deelen hebben, maar 25 en  $\frac{6}{8}$  of 25.6, en zoo voorts in alle gevallen.

VII. AANMERKING. Op dit Voorstel steunt al verder het *algemeen gebruik* van den zoogenoemden *proportioneel pasfer*, of

## ***I. Afdeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 169***

of *sector*, gelijk de Engelschen denzelven noemen, dien men in de meeste kokers, met mathematische instrumenten voorzien, aantreft. Dit werktuig, dat door velen aan GALILEUS wordt toegeschreven, bestaat uit twee bladen die met een scharnier verbonden zijn, om wiens *centrum* zij zich bewegen. Op ieder blad zijn verschillende lijnen getrokken, die alle in het *centrum*, of middelpunt, van het scharnier samenlopen, en op ieder blad de zelfde zijn: zoo dat zij altijd bij paren gaan; eene lijn van ieder paar op ieder blad. Wij zullen alle die lijnen beschrijven, en derzelver gebruik doen kennen, achter die Voorstellen waarop derzelver constructie gevestigd is. Nu alleen van de wijze waarop ze alle gebruikt worden, van het algemeen grondbeginsel des geheelen *proportioneaal passers*. Wanneer de bladen A D, A E [Fig. 88.] van elkander verwijderd zijn, maken de twee lijnen A D, A E, die tot het zelfde paar behooren, in het middelpunt A van het scharnier, eenen hoek. Indien men dan de eene punt eens passers die eene *bepaalde* opening heeft, op een stip D van de lijn A D stelt, en de bladen A D, A E, opent tot dat de andere punt kome op dat stip E van de gelijke lijn op het ander blad, het welk op den zelfden afstand van A gesteld is als D, zoo dat  $AE = AD$ , is de hoek D A E, en ook de lijn A E, bepaald. Indien men de punten eens passers zet op die stippen B en C der zelfde lijnen, die ieder op gelijke afstanden van A staan, zoo dat  $AB = AC$ : is (I. 27. Gev. 6.) de lijn B C // D E: en door dit Gevolg,  $AB:AD = BC:DE$ ; zoo dat B C de zelfde rede hebbe tot de gegeven lijn D E als A B tot A D. Dit is de grondslag van den geheelen *proportioneaal-passer*.

**VIII. AANMERKING.** Op dit Voorstel steunt bepaaldelijk het gebruik van die twee lijnen op den proportioneaal-passer, welke op dien van Engelsch maakfel met de letter L (eerste letter van het woord *lines*), of met de letters E. P. (*Equal Parts*) en op dien van Fransch maakfel met de woorden *Parties egales* bestempeld zijn. Deze lijnen zijn in gelijke deelen, meestal in twee honderd, verdeeld, en dienen, voornamelijk, om eene gegeven lijn in gelijke deelen te verdeelen; want uit het gezegde in de voorgaande Aanmerking blijkt, dat B C [Fig. 88.] het zelfde deel is van D E als B A van A D. Indien men dan de lijn D E in 8 deelen wil deelen, zal men de punten des passers, op den afstand D E van elkander staande, wederzijds in D en E brengen, bijv. op 192: en dan naderhand in B en C op 24, die het  $\frac{1}{4}$  is van 192.

**IX. AANMERKING.** Op dit Voorstel is ook nog gevestigd het

gebruik van die pasfers, ter wederzijde van het scharnier met twee punten, en dus met vier punten voorzien, welke de Duitschers *Theil-pasfers*, de Engelschen *Proportionaal-pasfers*, de Franschen *compas de reduction* noemen. Immers zij Fig. 88a. zoodanige pasfer: dan is, daar  $AC = AB$ ,  $AD = AE$ ; ook  $CB \parallel DE$ , en de  $\triangle CAB$  en  $\triangle DAE$  zijn gelijkvormig; gevolgelyk  $CA : AD = CB : DE$ : derhalve is  $CB$  het zelfde gedeelte van  $DE$  als  $AC$  van  $AD$ . Meestal is  $CA$  de helft van  $AD$ , of de korte beenen zijn de helft der lange. Maar men maakt ze ook zoodanig, dat men het middelpunt  $A$  kan verschuiven, en dus de lengte der beenen zoo inrigten dat  $AC$  zij of  $\frac{1}{2}$ , of  $\frac{1}{3}$ , of  $\frac{1}{4}$ , enz. van  $AD$ , waar door dan  $CB$  ook  $\frac{1}{2}$ , of  $\frac{1}{3}$ , of  $\frac{1}{4}$ , enz. wordt van  $DE$ . Men kan de beschrijving dier pasfers vinden bij BION, III. B. I Kap. Fig. GH, in plaat 8.

### III. VOORSTEL. Fig. 94.

Wanneer de drie zijden  $[AB, AC, BC]$  eens driehoeks  $[ABC]$  de zelfde rede tot elkander hebben, als de drie zijden  $[DE, DF, EF]$  van eenen anderen driehoek  $[DEF]$ , zullen de hoeken die tusfchen de evenredige zijden begrepen zijn, in beide de driehoeken, gelijk zijn.

• EUCL. VI. 5. — St. VI. 8. — L. G. III. 19.

BEREIDING. Men vooronderftelt dat er op  $DF$  een driehoek  $DFG$ , gelijkhoekig met  $ABC$  zij gesteld, zoodanig dat  $\angle FDG = \angle A$  en  $\angle DFG = \angle C$ ; waaruit volgt  $\angle G = \angle B$ .

BEWIJS. Uit het gegevene, de evenredigheid namelĳk der zijden in de driehoeken  $DFE$  en  $ABC$ , uit de gelijkheid der hoeken in de  $\triangle ABC$  en  $DGF$ , en uit het XI. van het III. B. wordt befloten dat de zijden der driehoeken  $DGF$  en  $EDF$  onderling gelijk zijn: en dus uit I. 26. dat de hoeken het ook zijn: waaruit het Voorftel volgt.

### GEVOLG.

Twee driehoeken, wier zijden evenredig zijn, zijn gelijkvormig.

I. AANMERKING. Dus wederom, wanneer het tweede vereischte voor de gelijkvormigheid in driehoeken, de evenredigheid

heid namelijk der zijden plaats heeft, heeft het eerste ook plaats, te weten, de gelijkheid der hoeken.

**II. AANMERKING.** Dit Voorstel is voor de gelijkvormigheid het zelfde als Voorstel 26. van het I. Boek voor de gelijkheid der driehoeken. Die zelfde overeenkomst zal in de twee volgende Voorstellen ook blijken.

**IV. VOORSTEL.** Fig. 89.

Indien een hoek  $[ABC]$  van een' driehoek  $[ABC]$  gelijk is aan eenen hoek  $[DBF]$  van een' anderen driehoek  $[DBF]$ , en de zijden die deze hoeken in beide bevatten evenredig zijn  $[AB$  en  $BC$ ,  $BD$  en  $BF]$ , zullen de driehoeken gelijkhoekig, en *thus* gelijkvormig zijn.

**EUCL. VI. 6. — ST. VI. 6. — L. G. III. 20.**

**BEREIDING.** Men onderstelt dat de  $\Delta DBF$  met den hoek  $DBF$  in den gelijken hoek  $ABC$  van den  $\Delta ABC$  gesteld is.

**BEWIJS.** Dan is door de onderstelling uit Voorst. I. Gevolg 1,  $DF \parallel AC$ : waaruit het besluit volgt.

**GEVOLG.** Fig. 95.

Indien men in eenigen driehoek  $[ABC]$ , waarin eene lijn  $[DI]$  evenwijdig is aan de grondlijn  $[AC]$ , uit den top  $[B]$  zoo vele lijnen  $[BK, BL, BM]$ , enz. als men wil op de grondlijn trekt: zullen deze de grondlijn  $[AC]$  en de evenwijdige  $[DI]$  in evenredige deelen snijden,  $[AK:KL:LM, \text{enz.} = DE:EF:FG, \text{enz.}]$ .

**L. G. III. 22.**

**AANMERKING.** Hier door kan men de 2. oplossing van I. Werkstuk 8. verrigten.

**V. VOORSTEL.** Fig. 89.

Indien twee zijden  $[AB, AC]$  eens driehoeks  $[ABC]$  evenredig zijn aan twee zijden  $[BD, DF]$  van eenen anderen driehoek  $[DBF]$ , en er boven dien een hoek  $[ABC]$  in den eerstgemelden, doch niet tusschen de gegeven zijden  $[AB, AC]$  begrepen, maar tegen over eene  $[AC]$  derzelve staande, gelijk is aan den hoek  $[DBF]$ , die in den anderen driehoek  $[DBF]$  over de eveneensgeplaatste  $[DF]$  der twee gegeven zijden  $[BD, DF]$  staat:

staat: zullen die twee driehoeken onderling *gelijkhoekig*, en dus *gelijkvormig* zijn, indien de derde hoek  $\angle ACB$  en  $\angle DFB$  in de twee driehoeken zijn, of beide regt, of beide scherp, of beide stomp.

EUCL. VI. 7. — St. VI. 7.

**I. BEWIJS.** Men stelt den  $\triangle BDF$  met zijn hoek  $\angle DBF$  in den gelijken hoek  $\angle ABC$  van den  $\triangle ABC$ . I. Zoo de hoeken  $F$  en  $C$  beide regt, en dus gelijk, zijn, is  $DF \parallel AC$ : waaruit het besluit volgt. II. Zoo de hoeken  $F$  en  $C$  beiden stomp, of beiden scherp zijn, zeg ik dat  $AC$  ook  $\parallel DF$ : zoo neen: zij eene andere  $AL \parallel DF$ : dan is (Voorst. II.)  $BD: AB = DF: AL$ : maar (onderstel)  $BD: AB = DF: AC$ : derhalve  $AL = AC$ : En (I. 27.)  $\angle ALC = \angle C$ : gevolglijk zoo  $\angle C$  scherp, moet  $\angle ALC$  ook scherp zijn, en dus  $\angle ALB$  stomp: en gevolglijk om dat  $DF \parallel AL$ , zou de hoek  $\angle DFB$  ook stomp zijn, dat tegen de onderstelling strijdt, en dus valsch is. Zoo  $\angle C$  stomp ware, zoude de hoek  $\angle ALC$  ook stomp moeten zijn, dat onmogelijk is.  $AC$  is dan  $\parallel DF$ : waaruit het besluit volgt.

**II. BEWIJS.** Fig. 94. Men kan de zaak ook regtsstreeks bewijzen.

**BEREIDING.** Men make  $\angle FDG = \angle BAC$ :  $\angle DFG = \angle BCA$ : derhalve hoek  $G = \angle B$  en dus  $= \angle E$ ; dan is in  $\triangle ABC$  en  $\triangle DGF$  door Voorst. III.  $AB: AC = DG: DF$ : maar (onderstel)  $AB: AC = ED: DF$ : derhalve  $DG = ED$ : en dan zijn in de  $\triangle DEF$  en  $\triangle FDG$ ,  $DE = DG$ :  $DF = DF$ : en  $\angle G = \angle E$ : gevolglijk daar  $\angle BCA$ , [of  $\angle DFG$ ] en  $\angle DEF$  [bij onderstelling] beide regt, of beide stomp, of beide scherp zijn: is (I. 25.)  $EF = GF$ : en derhalve door (I. 26.) is  $\angle EDF = \angle FDG$ , en  $\angle DFE = \angle DFG$ ; waaruit door de bereiding het besluit volgt.

**I. AANMERKING.** Men ziet duidelijk welke overeenkomst dit Voorstel heeft met het 25. van het I. Boek: waarom ik het ook, zoo veel mogelijk, in dezelfde bewoordingen heb uitgedrukt: en het blijkt daaruit waarom de derde hoek  $\angle ACB$  en de derde hoek  $\angle DEF$  beide of stomp, of regt, of scherp moeten zijn; want daar men (I. 11. Gev. 2) uit het stip  $A$  twee gelijke lijnen trekken kan, welke dus tot  $AB$  de zelfde rede hebben, die namelijk van  $DF: DE$ , maar waarvan de eene met  $BC$  eenen stompen, de andere eenen scherpen hoek zoude maken, terwijl de hoek  $F$  de zelf-

zelfde zoude blijven; volgt het dat de soort der hoeken C en F bepaald moet zijn. Het blijkt verder duidelijk dat wanneer die derde hoek in een' der driehoeken scherp en in den anderen stomp is: de eene hoek het aanvulsel tot twee rechten is van den anderen.

St. VI. 7. Gev.

II. AANMERKING. Het geen wij in de II. Aanmerking op het XXV. Voorstel van het I. Boek gezegd hebben, heeft hier ook plaats: zoo dat sommigen dit Voorstel dus uitdrukken: „driehoeken, die eenen hoek gelijk hebben, en twee zijden om eenen anderen hoek staande evenredig, doch waarvan die, welke over den gelijken hoek staat, grooter is, dan die welke daaraan grenst, zijn gelijkvormig.”

Immers daar de grootste hoek over de grootste zijde staat (I. 18.), zal de gelijke hoek de grootste zijn, en dus zullen de overigen voorzeker scherp zijn.

III. AANMERKING. En hieruit volgt dan, de gelijkvormigheid van regthoekige driehoeken, of stomphoekige, waarin de stompe hoeken gelijk zijn, zoo er twee zijden die om eenen anderen hoek staan, evenredig zijn: dat ook een onmiddellijk en bijzonder Gevolg van ons algemeen Voorstel is. — KARSTEN §. 208.

#### VI. VOORSTEL. Fig. 98.

Driehoeken [ABC, KCD] die de zelfde hoogte hebben, doch op verschillende grondlijnen [BC, CD] staan: hebben, voor zoo veel derzelve inhouden betreft, tot elkander de zelfde rede als de grondlijnen zelve; en omgekeerd: het geen ook voor de Parallelogrammen plaats heeft.

EUCL. VI. 1. — St. VI. 1. Gev. 1.

BEREIDING. Men verlange wederzijds de grondlijn BCD, neme daarop, aan den eenen kant zoo vele deelen BE, EF, FG [zij  $m$  in getal] als men wil gelijk aan BC, en aan den anderen kant zoo vele deelen DH, HI als men wil [zij  $n$  in getal] gelijk aan DC; men trekke de lijnen AG, AF, AE; AD, AH, AI. Dan staan de  $\Delta\Delta$  ABC en KCD, om dat zij de zelfde hoogte hebben, onder de zelfde parallellen AK en BD; en derhalven is (II. 13.)  $\Delta EAD \propto \Delta KCD$ : zoo dat men, wat den inhoud betreft, waarop het hier aankomt,  $\Delta CAD$  voor den driehoek KCD nemen kan.



BEWIJS. Van het I.  $\triangle GAB$  is het  $m$  vouwd van  $\triangle ABC$ .

$\triangle DAI$  is het  $n$  vouwd van  $\triangle CAD$ .

Grondlijn  $BG$  is het  $m$  vouwd van  $BC$ .

Grondlijn  $DI$  is het  $n$  vouwd van  $CD$ .

Maar  $\triangle GAB$  of  $>$  of  $=$  of  $<$   $\triangle DAI$ : naar mate  $BG$  of  $>$  of  $=$  of  $DI$  (II. 13. Gev. 2.), derhalve III. 3.

$\triangle ABC : \triangle ACD$  [of  $KCD$ ]  $= BC : CD$ .

BEWIJS van het II. of omgekeerde. Uit het ongerijmde waarin men vervallen zoude indien men stelde dat  $\triangle KCD$ , niet onder de zelfde evenwijdige lijnen  $AK$  en  $BD$  stond.

BEWIJS voor het III. Uit I. 31. Gev. 1.

I. AANMERKING. Vele Schrijvers bewijzen dit Voorstel aldus: met de eene grondlijn in  $m$  gelijke deelen bij  $v$ . te snijden; en de andere in  $n$  deelen van de zelfde grootte: dan zal de eene driehoek  $m$  en de andere  $n$  gelijke driehoeken bevatten, en dus zullen de driehoeken tot elkander staan als  $m$  tot  $n$ , dat is als de grondlijnen: doch het valt in het oog dat men dan, stilzwijgend, onderstelt dat de grondlijnen eene gemeene maat hebben, dat niet altijd waar is: en dus is dat bewijs onvoldoende.

II. AANMERKING. Men kan thans de tweede oplossing van het XXI. Werkstuk van het II. Boek verrigten.

### VII. VOORSTEL. Fig. 100.

Indien driehoeken, of parallelogrammen,  $[BAC, FGH]$  op gelijke grondlijnen  $[BC, FH]$  staan, zijn hunne inhouden in de zelfde rede als hunne hoogten,

• TACQUET op EUCL. VI. 1. Cor. — St. VI. 1. Gev. 2.

BEREIDING Trek de  $LL AD$  en  $GI$ : neem  $DE = BC$ :  $IK = FH$ : derhalve  $DE = KI$ . Trek  $AE$  en  $GK$ .

BEWIJS.  $DA$  en  $IG$  als grondlijnen aannemende, en  $DE$  en  $KI$  als hoogten, is (Voorst. VI.)  $\triangle DAE : \triangle KGI = AD : GI$ : waar uit, om dat  $\triangle DAE \propto \triangle BAC$  en  $\triangle KGI \propto \triangle FGH$  (Voorst. VI.) het besluit volgt.

Voor de parallelogrammen volgt het uit I. 31: Gev. 1.

AANMERKING. Men is thans in staat om het I. Werkstuk van het IV. Boek op te lossen.

### VIII. VOORSTEL. Fig. 99.

De inhouden van parallelogrammen, of van driehoeken, die op verschillende grondlijnen staan  $[CD, CK]$  en ver-

*I. Afdeling : Over driehoeken en parallelogrammen. 169*

verschillende hoogten [DE, KH] hebben, zijn tot elkander in samengestelde rede van de grondlijnen en de hoogten, [zoo als  $CD \times DE : CK \times KH$ ].

St. VI 1.

**BEREIDING.** Men onderstelt dat de regthoeken FEDC en MHKC ieder op de zelfde grondlijn en hoogte als de gegeven parallelogrammen gesteld zijn, en gevolgelyk met deze gelijken inhoud hebben: vervolgens dat de regthoek MK op de zelfde lijn als de regthoek FD, zoodanig geplaatst is, dat een der hoeken aan beide gemeen worde: men verlengt HK tot N.



**BEWIJS.** Uit het VI. Voorstel van dit Boek wordt de rede der regthoeken van MK en FK: dan die van FD en FK opgemaakt; en daar uit (door III. 10.) besloten die van de regthoeken FD en MK, te zijn, de samengestelde van  $CD \times DE$  en  $CK \times HK$ ; waartuit die der gegeven parallelogrammen of driehoeken volgt.

**I. AANMERKING.** Zie daar wederom een algemeen Voorstel dat niet bewezen kan worden, ten zij eerst een bijzonder geval van het zelve bewezen zij: want de twee voorgaande Voorstellen zijn bijzondere gevallen van dit.

**L. GEVOLG.**

Gelijkhoekige Parallelogrammen, of Driehoeken, zijn in samengestelde rede der zijden die gelijke hoeken bevatten, en over gelijke hoeken staan.

Immers dan is [Fig. 91 en 92.] in de gelijkhoekige driehoeken ABC, DEF;  $BG : EH = AB : DE$ , en dus  $\triangle ABC : \triangle DEF = AC \times BG : DF \times EH = AC \times AB : DF \times DE$ .

**II. AANMERKING.** Dit Gevolg is de 23 Propositie van het VI Boek bij EUCLIDES. Die Schrijver, bij wien men ons Voorstel niet vindt, bewijst dit zeer vernuftig: namelijk [Fig. 52.] daar de  AG en GD gelijkhoekig zijn, vooronderstelt hij dat dezelve met de gelijke hoeken tegen elkander staan: dan zullen FG en GI ééne regte lijn, en HG en GE ééne regte lijn uitmaken: (Voorst. II Gev. 3) vervolgens ID en AH verlengende, bekomt men  HI: waarmee men door het voorgaande Voorstel, beide de gegeven parallelogrammen AG en GD vergelijkende, het besluit opmaakt.

St. VI. 14. Gev. 2 en 19.

**III. AANMERKING.** De waarheid, in dit I. Gevolg bewezen heeft niet alleen plaats voor gelijkhoekige driehoeken, maar

170 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

zelfs voor driehoeken die maar éénen gelijken hoek bezitten, gelijk blijkt uit dit

II. GEVOLG. Fig. 96.

Indien twee driehoeken [DAE en BAC] eenen gelijken hoek [A] bezitten, zullen de inhouden dezer driehoeken tot elkander staan in samengestelde rede der zijden [AB, AC, en AD, AE] die de gelijke hoeken bevatten.

PAPPUS *Coll. Mathem.* VII. 146. — L. G. III. 24.

BEREIDING. Trek BE.

BEWIJS.  $\triangle ABE: \triangle ADE = AB: AD$  } (VI).  
 $\triangle ABC: \triangle ABE = AC: AE$

dèrhalve  $\triangle ABC: \triangle ADE = AB: AC: AD: AE$ .

III. GEVOLG.

Indien Parallelogrammen, of Driehoeken, gelijkhaltig zijn, staan de grondlijnen in omgekeerde rede der hoogten, en omgekeerd [III. 5 en 6].

TACQUET OP EUCL. VI, 15. Cor. — St. VI. 1. Gev. 3.

IV. GEVOLG. Fig. 99.

Indien Parallelogrammen, of Driehoeken, gelijkhaltig zijn, en boven dien éénen gelijken hoek bezitten; zijn de zijden, welke dien hoek in den eenen bevatten, in omgekeerde rede van die, welke den gelijken hoek in den anderen omvatten: en omgekeerd.

Het blijkt om dat als dan ED en HK de zelfde rede tot elkander hebben als BD: IK.

EUCL. VI. 14, 15. — St. VI. 12, 13.

IV. AANMERKING. EUCLIDES bewijst zijne veertiende en vijftiende propositien op de zelfde wijze die wij reeds in de II. Aanmerking hebben voorgedragen.

V. AANMERKING. Men is thans in staat de 2. Oplossing van het XIV, XV. en XVI. Werkstuk van het II. Boek te verrigten.

V. GEVOLG.

In alle regthoeken wier inhoud gelijk is, staan de grondlijnen in omgekeerde rede van de hoogten; en om-ge-

## 1. Afdeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 171

gekeerd: dat is, zoo vier lijnen evenredig zijn, zal de regthoek uit de twee uiterste gelijk zijn aan den regthoek uit de twee middelste.

EUCL. VI. 16.

VI. AANMERKING. EUCLIDES leidt dit Voorstel uit zijn XIV. af, dat hij op de wijze hier boven (Aanm. II.) voorgedragen betoogd heeft. Wij zullen hier onder Voorst. IX. Gev. 3 en 4 zien, dat dit Voorstel volstrekt het zelfde is als het V. van ons III. Boek, met deszelfs 1. Gevolg: en men zoude verwonderd zijn dit gewigtig Voorstel in het V. Boek van EUCLIDES niet aantetreffen, indien het niet met het zoo evengemelde 16 en met het 17 van het VI. Boek overéénkwam, en die Schrijver niet de evenredigheid meer bepaaldelijk in betrekking tot de Meetkunde beschouwd had.

### VI. GEVOLG.

Wanneer de inhoud van een vierkant, op eenige lijn geplaatst, gelijk is aan den inhoud eens regthoeks: zal de zijde des vierkants middelevenredig zijn tusschen de zijden des regthoeks: *en omgekeerd*; dat is, wanneer drie lijnen gedurig evenredig zijn, zal het vierkant op de middelste gelijkhaltig zijn aan den regthoek uit de uiterste.

EUCL. VI. 17.

VII. AANMERKING. Dit volgt onmiddellijk uit het voorgaande V. Gevolg: en hier mede komt overeen hetgeen gezegd zal worden in Voorstel IX. Gev. 4.

VIII. AANMERKING. Dit vijfde Gevolg geeft aanleiding om eene verdere uitbreiding te geven aan het Voorstel in Gev. 2. voorgedragen: en daarvan te maken het

### VII. GEVOLG. Fig. 96.

Indien een gelijkbeenige driehoek  $FAG$  éenen hoek gemeen heeft met eenen anderen driehoek  $BAC$ , en het been  $AF$  des eerstgemelden middel-evenredig is tusschen die zijden  $AB$ ,  $AC$  des laatstgemelden, welke den gemeenen hoek bevatten; hebben die twee driehoeken gelijken inhoud.

L. G, IV. 13.

Bewijs voor het I. Door Gev. 2 is  $\Delta BAC : \Delta FAG = AB \cdot AC : AF \cdot AG$  (d. i.  $\square$  op  $AF$ ). Maar om dat  $AF$  middel-evenredig is tusschen  $AB$  en  $AC$ , is (Gev. 6.)  $\square$  op  $AF \propto Rh.$  uit  $AB \cdot AC$ , derhalve  $\Delta ABC \propto \Delta FAG$ .

### IX. VOORSTEL. Fig. 99.

Indien de grondlijn  $[CD]$  eens regthoeks,  $[CFED]$ ,  
of

of van een parallellogram  $[CABD]$  daar mede gelijkhaltig,  $m$  malen de grondlijn  $[CK]$  van een' anderen regthoek  $[CMHK]$  (of van een ander parallellogram  $[CGIK]$  daar mede gelijkhaltig), bevat: en indien de hoogte  $DE$  des eersten  $n$  malen de hoogte  $[KH]$  des tweeden bevat: zal de inhoud van den eersten regthoek (of van het eerste parallellogram) tot dien van den tweeden regthoek (of van het tweede parallellogram) staan als het product van  $m$  door  $n$  tot 1: en de eerste regthoek  $[CFED]$  (of het eerste parallellogram  $[CABD]$ ) zal zoo vele malen den tweeden regthoek  $[CMHK]$  (of den tweeden parallellogram  $[CHIK]$ ) bevatten, als er eenheden zijn in het getal, dat het product is van  $m$  door  $n$  gemultipliceerd.

BEWIJS. Uit Voorstel VIII.

### I. GEVOLG.

De regthoek  $MK$ , eenmaal aangénomen en bepaald zijnde, kan dan als de maat van alle regthoeken, en daarom (II. 40.) als die van alle figuren beschouwd, en daartoe gebruikt worden. Om nu zoodanige maat der inhouden, ruimten, of oppervlakten, van alle *vlakke* figuren te hebben, neemt men den regthoek  $MK$  zoodanig, dat hoogte en grondlijn gelijk zijn: of, dat het een vierkant is, waar van de zijde  $CK$  die *éénheid* is, welke tot het bepalen der lengte van de zijden  $CD$ ,  $DB$ ,  $DE$ , gebruikt wordt: bij voorb. één *duim*, één *voet*, ééne *roede* en zoo voorts: en men noemt dien regthoek  $MK$ , *vierkante éénheid*; om de zelve van de *lengte-éénheid*, die ter meeting van afstanden, of lengten, dient, te onderscheiden: en dus indien het  $\square CB$  10 voeten bevat, duidt dit aan 10 *vierkante* voeten, of 10 vierkanten, wier zijden ieder éénen voet bedragen.

I. AANMERKING. Het blijkt uit het gezegde; dat *enkele* en *vierkante éénheden* van verschillende benaming tot elkander staan, als het getal deelen die in de enkele éénheid begrepen zijn tot het vierkant van dat getal: dus behelst één voet 12 duimen: en één *vierkante* voet 12 maal 12 of 144 vierkante duimen: het geen ook door EUCLIDES in de XI. Propositie van het VIII. Boek bewezen wordt.

II.

## *I. Afdeling : Over driehoeken en parallelogrammen. 173*

II. AANMERKING. Men ziet hier uit hoe men met EUCLIDES (VII. Bep. 16) een product van twee getallen een *vlak getal* noemen kan, waarvan de getallen die het zelve voortbrengen de *zijden* zijn: dat *vlakke getallen* tot elkander staan in samengestelde rede hunner zijden: (EUCL. VIII. 5.) en dat *gelijkvormige vlakke getallen* zoodanige zijn wier zijden evenredig zijn (VII. Bep. 21).

Deze is ook de reden waarom de Ouden *vlakke plaatsen*, (*loci plani*) en *vlakke vraagstukken* (*problemata plana*), alle die werkstukken noemden, waarin producten van niet meer dan twee grootheden, of alleen *vlakke getallen* gebruikt worden; welke bepaling nader in het V. Boek, Voorstel XIII. Aanm. 5. zal ontwikkeld worden.

III. AANMERKING. Dit eenmaal gesteld zijnde, kunnen verscheidene voorstellen op eene andere wijze, dan tot hier toe gedaan is, uitgedrukt, en tevens de uitdrukkingen door andere Schrijvers gebezigd, opgehelderd worden. Welke uitdrukkingen wij onder de gedaante van gevolgen uit dit Voorstel zullen opgeven.

### II. GEVOLG.

De vermenigvuldiging der getallen die de lengten van twee lijnen aanduiden, drukt den inhoud uit des regthoeks van dezelve lijnen: en gevolgelijk eene rede, uit twee redenen samengesteld, wordt door den regthoek der lijnen, die de enkele redenen uitdrukken, en eene verdubbelde rede door het vierkant eener lijn aangewezen, en komen daar mede overeen.

### III. GEVOLG.

Wanneer vier lijnen evenredig zijn, is de regthoek der uiterste gelijkhaltig aan den regthoek der middelste, zoo als in het VIII. Voorstel, Gevolg 5, uit andere gronden bewezen is; en men ziet hoe dit overéénkomt met het V. Voorstel van het III. Boek.

### IV. GEVOLG.

Wanneer drie lijnen eventredig zijn, is de inhoud van het vierkant op de middelste gelijk aan den regthoek der uiterste; zoo als reeds in het 5. Gevolg van het VIII. Voorstel uit andere gronden bewezen is: en het blijkt hoe dit overeenkomt met het 1. Gevolg van het V. Voorstel des III. Boeks.

V.

### V. GEVOLG.

De inhoud van een parallelogram kan worden *uitgedrukt* door het product van de grondlijn, vermenigvuldigd door de hoogte: het geen overeenkomt met het 1. Gevolg van het XI. Voorstel uit het II. Boek.

Insgelijks kan de inhoud van een vierkant uitgedrukt worden door de *tweede magt* of het quadraat van deszelfs zijde.

- IV. AANMERKING. Het is om die reden, dat de Ouden (gelijk reeds in het II. Boek, Bep. V. Gev. 2. gezegd is) de uitdrukking *magt van eene lijn*, eene lijn heeft zoo veel *magt*, eene lijn *kan* zoo veel, gebruikten om de vierkanten op die lijnen gemaakt aan te wijzen; dus bij voorbeeld, zoude men, in den trant der Ouden sprekende, kunnen zeggen: (Zie hier onder Bep. IV. Gev.) „Indien eene „lijn in uiterste en middelste rede gesneden is, *kan* het „grootste deel den regthoek van de geheele lijn en het klein- „ste deel.” Zoo dan het getal eenheden waar door de inhoud van een vierkant uitgedrukt wordt, geen *quadraat getal* is, is de zijde van het vierkant *onmeetbaar* met betrekking tot de eenheid die de lengte meet: en dit is altijd het geval van de diagonaal van een vierkant met betrekking tot de zijde (Zie III. Bep. 8. Aanm. 2.) het geen ook EUCLIDES in de laatste Propositie van zijn X. Boek bewezen heeft.

### VI. GEVOLG.

De inhoud eens driehoeks kan worden uitgedrukt door het product van de grondlijn vermenigvuldigd door de halve hoogte: of door dat van de hoogte vermenigvuldigd door de halve grondlijn: in één woord door het halve product van grondlijn en hoogte; en dit komt overeen met het 1. Gevolg van het XIII. Voorstel uit het II. Boek.

### VII. GEVOLG.

De inhoud eens regelmatigen veelhoeks wordt uitgedrukt door het halve product van den omtrek met de loodlijn vermenigvuldigd: en dit komt overeen met het XXXIX. Voorstel van het II. Boek.

### VIII. GEVOLG.

De inhoud van een regthoekig *trapezium* wordt uitgedrukt

drukt door het product van de grondlijn met de helft van de som der regthoekszijden; of, wat op het zelfde uitkomt (III. 20. Gevolg); met eene *arithmetische middel-evenredige* tusfchen de regthoekszijden, vermenigvuldigd: en dit komt overeen met het XV. Voorftel uit het II. Boek.

#### IX. GEVOLG.

Een regthoek op eene gegeven lijn *te ftellen*, dat is, op eene gegeven lijn eenen regthoek te maken, die aan een gegeven regthoek, of vierkant, gelijkhaltig is, komt overeen met te vinden het quotient dat er voorkomt, wanneer men het product van twee getallen door een gegeven getal divideert: immers komt het gevraagde hier op neer: eene lijn te vinden, die met eene gegeven lijn eenen regthoek, aan eenen gegeven regthoek gelijkhaltig, uitmake: het geen het onderwerp van ons XVI. Werkftuk in het II. Boek oplevert.

V. AANMERKING. Alle de voorgaande uitdrukkingen zijn nauwkeurig als men ze behoorlijk gebruikt: doch zij zijn in zich zelf genomen niet geometrifch, en men boezemt niet alleen onnauwkeurige, maar zelfs geheel valsche denkbeelden in, wanneer men dezeive, zoo als velen doen, in den beginne gebruikt. De Ouden gebruikten nimmer dergelijke onnauwkeurige uitdrukkingen, als bij voorb.: de inhoud eens regthoeks *is gelijk* aan het product van de grondlijn met de hoogte: ook hebben wij, zoo als behoort, de woorden *uitgedrukt door*, of *komt overeen met*, in plaats van het onnauwkeurige en valsche *is gelijk aan* gebezigd. Men kan in den eigenlijken zin geen lijnen door eikander multipliceren, maar alléén getallen; en dus ook die getallen welke de lengte van twee lijnen, *met betrekking tot eene gemeene maat*, uitdrukken; het geen eigenlijk, wanneer men de uitdrukking *multiplicatie*, of *product* van twee lijnen gebruikt, bedoeld wordt. De multiplicatie van twee lijnen maakt nimmer eenen regthoek of een vierkant: maar het getal van *vierkanten éénheden*, dat is, van gelijke vierkanten, wier zijden men als *betrekkelijke éénheid*, of *gemeene maat*, voor de *lengte* gebruikt, het welk de inhoud van een' gegeven regthoek bevat, is gelijk aan het product der zijden van dien regthoek, dat is, aan het product der getallen welke de lengte van die zijden, met betrekking tot de gemelde éénheid, of tot de gemeene maat, uitdrukken. Wil iemand echter de gemelde uitdrukkingen, na dat derzelver ware zin ééns nauwkeurig verklaard geweest is, gebruiken, hij doe zulks; doch slechts als verkorte manieren van fpreken, of verkorte aanduidingen.



VI. AANMERKING. Men kan dan, wanneer men die uitdrukkingen en die manier van de zaken uittedrukken gebruikt, in plaats van Regth. uit A en B, het teeken  $A \times B$ , in plaats van  $\square$  op A, het teeken  $A^2$  [de magt, even als voor getallen III. Bep. 4.] gebruiken.

Zie hier over D'ALEMBERT, *Melanges Tome V*, p. 211 seqq. — TACQUET *Scholion* op de 34, en 44 Propositie van het I. en op de 22 Propositie van het VI. Bock van EUCLIDES: CLAVIUS op die zelfde plaatsen.

#### X. GEVOLG.

Indien men de inhouden van twee parallelogrammen, of driehoeken, door I en  $i$ , de grondlijnen door B en  $b$ , de hoogten door H en  $h$  uitdrukt, is ons Voorstel dit

$$I : i = B \times H : b \times h : \text{en dus}$$

1°. Zoo de grondlijn onmeetbaar is tot de grondlijn, of de hoogte tot de hoogte, doch niet beiden te gelijk, zullen ook [III. Bepaling. 12. Gev. 1.] de inhouden I en  $i$  onderling onmeetbaar zijn: dat is geen ruimte zal derzelve gemeene maat kunnen zijn.

2°. Indien en hoogte en grondlijn van beide de parallelogrammen onderling onmeetbaar zijn, kan den rede van de inhouden  $[I : i]$  meetbaar zijn: (III. Bep. 10. Aanm. 2).

Dit is het geval, bij voorbeeld, indien men op de diagonaal en de zijde van een vierkant, vierkanten beschrijft.

3°. Indien vierkanten op lijnen gemaakt worden, die onderling onmeetbaar zijn, zullen hunne inhouden, dat is, die vierkanten zelf, niet tot elkander staan als een *quadratagetal* tot een *quadratagetal*, dat is als twee getallen, waaruit men de wortels trekken kan.

4°. Vierkanten kunnen onderling onmeetbaar zijn: want [Fig. 124.] zij AF onmeetbaar tot FD: bijv. als  $\sqrt{15} : 2$ . Men stelle eene middel-evenredige FB tusschen beiden: dan is  $FB^2 = 2 \sqrt{15} = \sqrt{60}$ ; en dus het  $\square$  op FB:  $\square$  op FD  $= \sqrt{60} : 4 = \sqrt{15} : 2$ : en dus onmeetbaar: en  $\square$  op FB:  $\square$  op AF  $= \sqrt{60} : \sqrt{15}$ . d. i.  $= 2 : 1$ , onderling meetbaar.

Er zijn dan *vierkanten* die onderling *onmeetbaar* zijn; er zijn *lijnen* die onderling *onmeetbaar* zijn, doch wier vierkanten meetbaar worden: en er zijn er die onderling *onmeetbaar* zijn, en wier vierkanten het ook zijn: EUCLIDES noemt de eerstgemelde lijnen *onmeetbaar in lengte*: de laatstgemelde *onmeetbaar in lengte en in magt*.

En

En hiet uit volgt het IX. Voorstel van zijn X. Boek in deze woorden: „ De vierkanten welke op lijnen, die in *lengte* „ *meetbaar* zijn, gemaakt worden, staan tot elkander als „ een *quadraat-getal* tot een *quadraat-getal*, en omge- „ keerd. De vierkanten op lijnen gemaakt die in *lengte* „ onmeetbaar zijn, staan niet tot elkander als een *quadraat-* „ *getal* tot een *quadraat-getal*, en omgekeerd: En, (dit „ is het Gevolg) lijnen die meetbaar zijn in *lengte*, zijn het „ ook in *magt*: die, welke meetbaar zijn in *magt*, zijn het „ niet altijd in *lengte*: die, welke onmeetbaar zijn in *lengte*, „ zijn het niet altijd in *magt*; doch die, welke onmeetbaar „ zijn in *magt*, zijn het ook altijd in *lengte*.

# XI. GEVOLG.

Uit de voorgaande Gevolgen, vooral uit het IV. blijkt verder, dat men alle reden, hoe samengesteld zij ook zijn mogen, altijd door de rede van twee rechte lijnen kan uitdrukken.

Want zij  $M:N = A \times B \times C : D \times E \times F$ . De enkele reden A tot D, B tot E, C tot F kunnen altijd door rechte lijnen worden uitgedrukt, het zij dezelve meetbaar of onmeetbaar zijn.

Ik stel P middel-evenredige tusschen A en B, Q tusschen D en E: en R derde evenredige aan P en Q: dan is (Gev. 4.)

□ op P ∞ Regth. uit A en B:

□ op Q ∞ Regth. uit D en E

dus □ op P : □ op Q = A × B : D × E: maar

P : Q = Q : R: dus (4. Gev. en III. 15)

□ op P : □ op Q = P : R: gevolgelyk

P : R = A × B : D × E: en

M : N = P × C : R × F.

Stel S middel-evenredige tusschen P en C, T tusschen R en F, en U derde evenredige aan S en T: dus

□ op S : □ op T = P × C : R × F.

maar □ op S : □ op T = S : U: dus

M : N = S : U: en op de zelfde wijze voor alle mogelyke gevallen.

## X. VOORSTEL. Fig. 91 en 92.

In gelijkvormige driehoeken [ABC, DEE] zijn de regthoeken der eveneensgeplaatste zijden [AC, BC, DF, EF]

M

EF] doch wederkerig genomen, (namelijk van AC en EF, BC en DF) gelijk aan elkander.

BEWIJS. Uit het II. Voorstel en het 4. Gevolg van het VIII.

AANMERKING. Dit zal in het V. Boek, in de J. Aanmerking van het XII. Voorstel op eene andere wijze bewezen worden.

### XI. VOORSTEL. Fig. 91 en 92.

Gelijkvormige driehoeken staan, wat hunne inhouden betreft, tot elkander in de zelfde rede als de vierkanten hunner eveneensstaande zijden: of, in andere woorden, zij zijn in verdubbelde rede hunner eveneensstaande zijden.

EUCL. VI. 19. — St. VI. 14. — L. G. III. 25.

BEREIDING. Men stelde dat BG en EH de hoogte der driehoeken ABC en DEF zijn.

BEWIJS. Uit het VIII. Voorstel, en het 2. Gevolg van het II: of, zonder bereiding, uit het 1. Gevolg van het VIII. Voorstel, het II. Voorstel van dit Boek, en het 2. Gevolg van het XI. Voorstel van het III. Boek.

AANMERKING. Fig. 91. Wij hebben in het III. Boek, Aanm. op de 18. Bep. gezegd, dat die uitdrukking *verdubbelde rede*, in den eersten opslag, bij EUCLIDES eene andere beteekenis schijnt te hebben dan bij ons: en wij hebben (Aanm. op III. 15. Gev. 1) getoond, hoe beide die beteekenissen echter in de daad overéénkomen. Volgens de beteekenis door EUCLIDES aan het woord *verdubbelde rede* gegeven, moet men bewijzen, dat indien BL derde evenredige is aan BA, en DE, men hebben zal  $\Delta BAC$ ,  $\Delta DEF = AB : BL$ : Men stelde  $BA : DE = DE : BL$ : en trekke CL, dan gaat dat bewijs aldus voort:

$$BC : BA = FE : DE,$$

$$\text{dus } BC : FE = BA : DE$$

$$\text{maar } BA : DE = DE : BL, \text{ (onderstelling)}$$

$$\text{dus } BC : FE = DE : BL:$$

waarom, uit het 4. Gevolg van het VIII. Voorstel

$$\Delta BLC \propto \Delta DEF:$$

$$\text{doch } \Delta BCA : \Delta BLC = AB : BL \text{ (Voorst. VI)}$$

$$\text{dus } \Delta BCA : \Delta DEF = AB : BL.$$

XII. VOORSTEL. Fig. 97.

Indien eene lijn  $[BD]$  eenen-hoek  $[CBA]$  van eenen driehoek  $[BCA]$  in twee gelijke deelen deelt, en tot op de overstaande zijde of de grondlijn  $[CA]$  verlengd wordt, zullen de stukken  $[AD, CD]$  van die overstaande zijde, of grondlijn, in de zelfde rede staan als de aangrenzende zijden  $[AB, BC]$  des driehoeks: en het vierkant van die zelfde lijn  $[BD]$ , te samen met den regthoek uit de gemelde stukken  $[AD, DC]$  van de grondlijn, is gelijk aan den regthoek van de twee overige zijden  $[BA, BC]$ .

EUCL. VI. 3. — ST. VI. 3. — L. G. III. 17, 31.

BEREIDING. Voor het I. Men verleng  $AB$ : en zij  $CE \parallel BD$ .

BEWIJS. Men betoogt eerst uit den aard der evenwijdige lijnen, en uit I. 7. dat  $\angle ECB = \angle CEB$ , en dus (I. 28.)  $EB = CB$ : waaruit het bewijs volgt door het I. Voorstel van dit Boek.

BEREIDING. Voor het II. Stel  $\angle DAF = \angle ABF$ : verleng  $BD$  tot in  $F$ , en trek  $CF$ .

BEWIJS. Men betoogt uit het gegevene, en de bereiding, dat  $\triangle ABF \simeq \triangle DAF$ , om dat  $\angle ABF = \angle CBD$ , en dus in de  $\triangle ACD$  en  $FDA$  ook  $\angle BCD = \angle AFD$ , of  $\angle AFB$  in den  $\triangle ABF$ : en dus in de  $\triangle BFA$  en  $CBD$  wederom  $\angle BAF = \angle CDB$ . Waaruit door het X. Voorstel van dit Boek, door II. 1. Gev. 2. en wederom door het X. van dit Boek, de zaak bewezen wordt.

I. GEVOLG.

$AD + DC$  of  $AC:AD = AB + BC:AB$ : dat is, de grondlijn tot een der stukken van dezelve, zoo als de som der zijden tot de zijde aan het gemelde stuk grenzende. En insgelijks het verschil der stukken tot het verschil der zijden, als een der stukken tot de aangrenzende zijde.

I. EN GEWIGTIGE AANMERKING. Fig. 101, 102. Het eerste gedeelte van dit Voorstel is de derde Propositie van het VI. Boek van EUCLIDES; doch het zelfde geldt ook voor den uitwendigen hoek  $CBE$ : dan valt de lijn  $BD$ , die den gemelden hoek  $CBE$  in twee gelijke deelen  $[EBD, en DBC]$  deelt, buiten de grondlijn  $CA$ : doch niet altijd aan den zelfden kant: want indien  $\angle ECB = 2 \angle BCA$ , en dus indien de  $\triangle CBA$  gelijkbeenig is, zal  $BD \parallel AC$  zijn,

180 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

zijn, en gevolgelyk zal die lijn de grondlijn  $AC$  niet snijden. Indien  $\angle EBC < 2 \angle BCA$ , zal de lijn  $BD$  naar  $CB$  hellen zoo als in Fig. 101: doch naar  $BA$  zoo  $\angle EBC > 2 \angle BCA$ , zoo als in Fig. 102.

Indien men dan in Fig. 101.  $CO \parallel AB$  stelt, is  $DA:DC = AB:CO$ : maar  $\angle BOC = \angle OBE$  (I. 7.) en dus  $= \angle OBC$ : dus (I. 28.)  $OC = BC$ :

en dus  $DA:DC = AB:BC$ .

En indien men in Fig. 102.  $AO \parallel CB$  stelt, is

$$DA:DC = AO:BC,$$

maar  $\angle AOB = \angle CBQ = \angle QBE = \angle ABO$ : en dus (I. 28.)  $AO = BA$ : dus  $DA:DC = AB:BC$ .

Verder, men trekke in Fig. 101.  $QA$  zoodanig dat  $\angle QAB = \angle BDC$ : dan is  $\triangle DCB \sim \triangle BQA$ : want  $\angle QBA = \angle OBC$ ;  $\angle QAB = \angle BDC$ : dus  $\angle DCB = \angle BQA$ : waaruit volgt (IV. 2.)

$DB:BC = BA:BQ$ : dus (Voorst. VIII. Gev. 5.) Regth. uit  $BC$ ,  $BA \propto$  Regth. uit  $DB$ ,  $BQ \propto$  Regth. uit  $DB$ ,  $DQ \perp$  op  $DB$  (II. 1. Gev. 2.)

maar  $\triangle DCB \sim \triangle DQA$ : dus

$$DB:DC = DA:DQ \text{ en}$$

Regth. uit  $DB$ ,  $DQ \propto$  Regth. uit  $DC$ ,  $DA$ :  
dus:

I. Regth. uit  $BC$ ,  $BA \propto$  Regth.  $DC$ ,  $DA \perp$  op  $DB$ . Men stelle in Fig. 102.  $QC$  zoo dat  $\angle QCB = \angle BDA$ : dus is  $\triangle QCB \sim \triangle BAD$ : waaruit volgt

$$DB:BA = BC:BQ \text{ en}$$

Regth. uit  $BA$ ,  $BC \propto$  Regth. uit  $DB$ ,  $BQ$

$\propto$  Regth. uit  $DB$ ,  $DQ \perp$  op  $DB$  (II. 1. Gev. 2.)

Maar  $\triangle DBA \sim \triangle DQC$ : en dus

$$DB:DA = DC:DQ \text{ en}$$

Regth. uit  $DB$ ,  $DQ \propto$  Regth. uit  $DA$ ,  $DC$ .

II. En dus Regth. uit  $BA$ ,  $BC \propto$  Regth. uit  $DA$ ,  $DC \perp$  op  $DB$ .

Uit het geen hier N°. I. en N°. II. bewezen is, blijkt, dat het tweede lid van ons Voorstel in dit geval het volgende wordt.

„ Het verschil tusſchen het vierkant van die lijn en den „ regthoek der ſtukken van de grondlijn, is gelijk aan „ den regthoek der overige zijden.

Ons geheel voorſtel, zoo wel op den inwendigen als op

## I. Afdeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 181

op den uitwendigen hoek toegepast, wordt in den algemeensten zin het volgende:

„Indien eene lijn eenigen hoek eens driehoeks, het zij eenen inwendigen het zij eenen uitwendigen, in twee gelijke deelen snijdt, en, zoo noodig verlengd zijnde, de tegenovergestelde zijde, of grondlijn, ontmoet; zullen de stukken door die lijn op de grondlijn gemaakt, in de zelfde rede tot elkander staan als de aangrenzende zijden: en de som, of het verschil, van het vierkant van die lijn en van den regthoek uit de gemelde stukken van de grondlijn, zal gelijk zijn aan den regthoek uit de overige zijden: de som namelijk, zoo de inwendige, het verschil zoo de uitwendige hoek gedeeld is geweest.”

De Heer R. SIMSON heeft het eerste gedeelte van die eigenschap voor den uitwendigen hoek als een belangrijk bijvoegsel op de derde Propositie des VI. Boeks van EUCLIDES voorgesteld, doch hij heeft niets van het tweede gemeld (*Sect. Conicae Libr. I. pr. 11. p. 36*).

II. AANMERKING. De Heer KENNEL LOBATO heeft mij het volgende, naar mijn inzien treffend, bewijs medegedeeld.

BEREIDING Fig. 103a. Zij DB de lijn die den inwendigen hoek ABC in twee gelijke deelen deelt: rigt op BD in B de  $\perp$  FBG, die AC, zoo noodig verlengd, in G ontmoet. Trek AF en CL  $\perp$  op FG en dus  $\parallel$  BD.

BEWIJS. Voor het I. gedeelte. Dan is, om dat  $\angle FBD = \angle DBL = \angle ABD = \angle DBC$ : ook  $\angle FBA = \angle CBG$  en  $\triangle AFB \sim \triangle CLB$ . Verder om dat  $\angle EBG = \angle FBA = \angle CBG$ ; wordt de uitwendige hoek EBC in twee gelijke deelen gedeeld door de lijn BG welke loodrecht staat op de lijn BD die den inwendigen hoek in twee gelijke deelen verdeelt. Nu is, om dat  $\triangle AFB \sim \triangle CLB$ ,  $AF : CL = AB : BC$ : maar (Voorst. I. Gev. 2. en Voorst. II.)  $AD : DC = AF : CL$ : en  $AG : CG = AF : CL$ : derhalve

Voor den inwendigen hoek  $AD : DC = AB : BC$  en voor den uitwendigen:  $AG : CG = AB : BC$ .

BEWIJS. Voor het II. gedeelte. Men trekke BH  $\perp$  op AC: dan is in de  $\triangle ABH$  en  $HBC$  door II. 16. Gev. 4.  $\square$  op AB —  $\square$  op BC  $\propto$   $\square$  op AH —  $\square$  op HC: derhalve (II. 10.)

Rh. uit  $[AB + BC]$  en  $[AB - BC] \propto$  Rh. uit  $[AH + HC]$  en  $[AH - HC] \propto$  Rh. uit AC en  $[AC - 2 HC]$ . Zoo dat 1°. (Voorst. VIII. Gev. 5.)  $AC : AB + BC = AB - BC : AC - 2 HC$ . Tot dus verre zoo wel voor den inwendigen als voor den uitwendigen hoek: maar nu

182 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

*Voor den inwendigen hoek:*  $AB:BC = AD:DC$  en dus  $AD + DC:AB + BC = DC:BC$ : d. i.  $AC:AB + BC = DC:BC$ : en derhalve  $AB - BC:AC - 2 HC = DC:CB$ : gevolg-  
gelijk Rh. uit  $AB$  en  $BC = \square$  op  $BC \propto$  Rh. uit  $AC$ ,  $DC - 2$  Rh. uit  $DC$ ,  $HC$ : of Rh. uit  $AB$  en  $BC \propto \square$  op  $BC +$   
Rh. uit  $[AD + DC]$  en  $DC - 2$  Rh. uit  $DC$ ,  $CH \propto \square$  op  
 $BC +$  Rh. uit  $AD$ ,  $DC + \square$  op  $DC - 2$  Rh. uit  $DC$ ,  $CH$ .

Maar in  $\triangle DBC$  is  $\square$  op  $BC + \square$  op  $DC - 2$  Rh. uit  $DC$ ,  
 $CH \propto \square$  op  $BD$  (II. 19): derhalve  $2^o$ . Rh. uit  $AB$  en  $BC \propto$   
 $\square$  op  $BD +$  Rh. uit  $AD$  en  $DC$ .

*Voor den uitwendigen hoek* is  $AB:BC = AG:GC$  derhalve  
 $AG - GC:AB - BC = GC:BC$ : dus  $AC:AB - BC = GC:BC$  dus uit  $1^o$ .  $AB + BC:AC - 2 HC = GC$   
: $BC$ : en Rh. uit  $AB$  en  $BC + \square$  op  $BC \propto$  Rh. uit  $AC$ ,  
 $GC - 2$  Rh. uit  $HC$ ,  $CG$ :  $\propto$  Rh. uit  $[AG - GC]$  en  $GC - 2$   
Rh. uit  $HC$ ,  $CG \propto$  Rh. uit  $AG$  en  $GC - \square$  op  $GC - 2$   
Rh. uit  $HC$ ,  $CG$ : en dus Rh. uit  $AB$  en  $BC \propto$  Rh. uit  
 $AG$  en  $GC - [\square$  op  $BC + \square$  op  $GC + 2$  Rh. uit  $HC$ ,  
 $CG]$ . Maar (uit II. 19.) is in  $\triangle CBG$ ,  $\square$  op  $BC + \square$  op  $CG$   
 $+ 2$  Rh. uit  $HC$ ,  $CG \propto \square$  op  $BG$ : derhalve Rh. uit  $AB$  en  
 $BC \propto$  Rh. uit  $AC$  en  $CG + \square$  op  $BG$ .

III. AANMERKING. Fig. 97a. Indien de driehoek  $BCA$   
regthoekig is in  $C$ : en de hoek  $CBA$  wordt door  $BD$   
in twee gelijke deelen,  $\angle CBD$  en  $\angle DBA$ , gedeeld; is  
 $AC:CD = BC + BA:BC$ : en daar  $AB > CB$ ;  
is  $AD > CD$ ; dus  $AC > 2 CD$ : terwijl  $\angle CBA = 2$   
 $\angle CBD$ : derhalve  $AC:CD > \angle ABC:\angle CBD$ .  
Indien nu  $\angle ABE = \angle CBA$ ; is insgelijks  $CE:AC$   
 $> \angle CBE:\angle CBA$ : en derhalve  $CE:CD > \angle CBE:$   
 $\angle CBD$ . De lijnen  $CD$ ,  $CA$ ,  $CE$ , die de hoeken  
 $CBD$ ,  $CBA$ ,  $CBE$  op de grondlijn  $CE$  des regthoeki-  
gen driehoeks bespannen, groeijen derhalven in grootere  
rede aan dan de hoeken zelve: en daar uit is op te ma-  
ken, het geen trouwens nader, en uit geheel andere gron-  
den, in VIII. 26. zal bewezen worden, dit

II. GEVOLG.

Indien uit eenen der hoeken eens regthoekigen driehoeks,  
op de overstaande regthoekszijde lijnen getrokken worden:  
zullen de stukken die dezelve daarvan, van den regten hoek  
te beginnen, afsnijden, in grootere rede aangroeijen dan de  
hoeken die zij zelve met de andere regthoekszijde maken.

IV.

**I. Afdeeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 183**

**IV. AANMERKING.** PAPPUS vooronderstelt dit Voorstel in het bewijs van het I. Voorstel des vijfden Boeks zijner *Collectiones Mathematicae*, en het is aldaar in den *Commentarius* van COMMANDINUS door dezen bewezen geworden.

**XIII. VOORSTEL. Fig. 103.**

De lijnen [CE, AF], die uit twee hoeken [C en A] van eenen driehoek [CAG] op de tegenovergestelde zijden [AG en CG] getrokken worden, en dezelve in twee gelijke deelen snijden, ontmoeten elkander in een stip [D] dat op twee derde gedeelten is van iedere lijn, van den top af te rekenen: en indien men uit den derden hoek [G] door dat stip [D] eene lijn [GB] op de derde zijde [CA] trekt, zal zij ook die zijde in twee gelijke deelen snijden: zoo dat de drie lijnen, welke, uit de drie hoeken getrokken, de tegenoverstaande zijden in twee gelijke deelen snijden, elkander in één stip, dat op twee derde gedeelten van iedere lijn geplaatst is, ontmoeten.

**VOOR HET I. GEDEELTE: BEREIDING.** Men stelle  $FY \parallel AG$ .

**BEWIJS.** Men bewijst uit het II. Voorstel van dit, en het IV. van het III. Boek dat  $FY$  de helft is van  $EG$ , dus ook van  $AE$ ; en men gaat voort uit de gelijkvormige driehoeken  $ADE$ ,  $YDF$ , om te toonen dat  $AD = 2 DF$ .

**VOOR HET II. GEDEELTE. BEREIDING.** Men stelle  $FR \parallel CA$ .

**BEWIJS.** Men bewijst, even als in het voorgaande, dat  $CB = \frac{1}{2} RF$ , en men gaat voort uit de gelijkhoekige driehoeken  $ADB$  en  $RDF$ , waaruit het besluit volgt.

**AANMERKING.** Dit Voorstel is van veel nut in de Natuurkunde, daar het dient om het zwaarte-middelpunt eens driehoeks te bepalen, het welk in het stip  $D$  zelf valt.

**XIV. VOORSTEL. Fig. 104.**

Indien men uit twee hoeken ( $G, C$ ) eens driehoeks [CAG] loodrechte lijnen [GB, CE] op de tegenoverstaande zijden [CA, AG] trekt, zullen zij zich, binnen of buiten den driehoek, in éénig stip  $D$  ontmoeten, naar mate de hoeken des driehoeks alle scherp zijn, of niet; indien men verder uit den derden hoek [A] door dat stip [D] eene lijn  $AF$  op de derde zijde [CG] trekt, zal deze ook loodrecht op die zijde staan.

**BEWIJS.**  $\triangle CBD \sim \triangle CAE \sim \triangle GBA$ : dus

$$CB : BD = BG : BA.$$

of,  $CB : BG = BD : BA.$



184 IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.

en dus, daar de hoeken om B segt zijn, is

$\triangle ABD \sim \triangle CBG$ . (IV. Voorstel): en dus

$$\angle BAD = \angle DGF:$$

$$\angle BDA = \angle FDG$$

dus  $\angle ABD = \angle DFG$ : dus  $\angle DFG = L$ .

I. GEVOLG.

De lijnen, welke uit de drie hoeken eens driehoeks op de tegenoverstaande zijden loodrecht getrokken worden, snijden elkander in één stip.

II. GEVOLG.

Indien de driehoek regthoekig is, is het stip de top zelf van den regten hoek.

III. GEVOLG.

Indien de driehoek gelijkzijdig is, hebben dit Voorstel, en het voorgaande te gelijk plaats: vermits als dan de loodlijnen juist die lijnen zijn, welke de zijden in twee gelijke deelen snijden.

AANMERKING. Dit Voorstel komt in de daad overeen met het 60. uit het zevende Boek der *Collectiones Mathematicae* van PAPPUS, hoe wel die wiskundige het aldus uitdrukt; „Zij de driehoek „ $ACG$ : en men trekke de lijnen  $AF$ ,  $CE$ ,  $BG$ , zoo dat  $AF$  „loodrecht zij op  $CG$  en de stippen  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  in eenen cirkel „staan; zullen de hoeken om  $B$  en  $E$  regt zijn” Dat, wanneer de stippen  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  in den cirkel staan de hoeken  $BAE + BDE = 2L$  en  $\angle ABD + \angle AED$ , ook  $= 2L$  zijn, zal in VI. 6. bewezen worden.

XV. VOORSTEL. Fig. 65.

Indien men uit den regten hoek  $[C]$  eens regthoekigen driehoeks  $[ABC]$  eene loodlijn  $[CL]$  op de schuinsche zijde  $[AB]$  laat vallen, zal deze den geheelen driehoek in twee driehoeken  $[ACL]$ ,  $[CBL]$  verdeelen, die onderling, en met den geheelen driehoek, gelijkvormig zijn.

EUCL. VI. 8. — St. VI. 8. — L. G. III. 23.

BEWIJS. Uit het 2. Gev. van het XV. Voorstel van het I. B., en 1. Gevolg van het II. Voorstel van dit Boek.

I. GEVOLG.

De loodlijn  $[CL]$  die op de grondlijn valt is middel-

**I. Afdeling: Over driehoeken en parallelogrammen. 185.**

del-evenredig tusſchen de ſtukken van de grondlijn :  
dat is.

$$AL : CL = CL : LB.$$

L. G. III. 23. 3°.

**I. AANMERKING.** Indien men het XVIII Voorſtel van het II. Boek, op het 5. Gevolg van het VIII. Voorſtel van dit Boek toepaſt, zal men zien dat het gemelde XVIII. Voorſtel met dit Gevolg overeenkomt, hoewel uit andere gronden afgeleid.

**II. GEVOLG.**

Iedere der regthoekszijden [BC of AC] is middel-evenredig tusſchen de ſchuinsche zijde [AB] en het aangrenzende ſtuk [BL of AL] van dezelve, dat is

$$AB : AC = AC : AL$$

$$AB : BC = BC : BL.$$

L. G. III. 23. 2°.

**II. AANMERKING.** Dit komt overeen met het 1. Gevolg van het XVI Voorſtel van het II. Boek, zoo men het 5. Gevolg van het VIII. Voorſtel van dit Boek daarop toepaſt.

**III. AANMERKING.** Uit het vorige Gevolg wordt het Voorſtel van PYTHAGORAS (II. 16) zeer gemakkelijk afgeleid, door het 5. Gevolg des VIII. Voorſtels van dit Boek, en het 1. Gev. van het I. Voorſtel des II. Boeks.

**III. GEVOLG.**

Uit het 1. en 2. Gevolg, gepaard met het 5. Gevolg van het VIII. Voorſtel is,

□ op CL ∞ Regth. uit AL, LB en

□ op CB ∞ Regth uit AB, LB :

gevolgeijk

□ op CL : □ op CB = AL : AB.

Dit is in het XIII. Boek van EUCLIDES het *Lemma* na de 13 Propoſitie.

**IV. AANMERKING.** En dus zijn CL en CB in onderverdubdelde rede van AL en AB, het geen men dus uitdrukt:

$$CL : CB = \sqrt{AL} : \sqrt{AB} :$$

de Ouden zouden gezegd hebben: dat „ de magten van „ de lijnen CL en CB tot elkander ſtaan als de lijnen „ AL en AB.”

en dus, daar

$\Delta$

Fig. 105.

dus

...tigen driehoek  $ACB$  de lood-  
...neergelaten verlengt, tot dat  
...loodregt op  $CA$  getrokken in  $F$   
... $CD$  middel-evenredige zijn, tusfchen

De lijn  
tegenover  
elkander

$$\begin{aligned} AD &= AD : DC \\ DC &= DC : BD : \text{dus} \\ AD, DC, BD. \end{aligned}$$

Indi  
van

I  
en  
lijn  
len

Indien er dan een middel was, om, wan-  
... $B$  regthoekig op elkander geplaatst zijn, de  
... $CB$  zoodanig te trekken, dat  $AF$  en  $AC$   
...verlenging van de lijn  $BD$ , en  $AC$  en  $BC$   
...verlenging van  $DF$  rechte hoeken zouden ma-  
...het beroemd vraagstuk om twee middel-even-  
...tusfchen twee gegeven lijnen te vinden, geome-  
...gelost zijn: doch dit is onmogelijk. PLATO (a) heeft  
...een middel uitgedacht, om zulks door twee winkel-  
...werktuigelijk te doen; en dit middel is slechts eene  
...ing van dit gevolg: zie onze II. Aanmerking op het  
...Werkstuk van het III. Boek.

#### V. GEVOLG.

Indien men uit  $B$ ,  $BI$  loodregt op  $AB$  stelt, en uit  $I$ ,  
...loodregt op  $ACI$ , zullen  $AB$ ,  $AI$ , twee middel-even-  
...redige zijn tusfchen  $AC$  en  $AL$ : want uit het tweede Ge-  
...volg is

$$\begin{aligned} AC : AB &= AB : AI \\ AB : AI &= AI : AL \\ \text{en dus} &:: AC, AB, AI, AL. \end{aligned}$$

VI. AANMERKING. Hierop steunt een instrument door CARTE-  
SIUS (b) uitgedacht, om twee of meerdere middel-evenredige  
tusfchen twee gegeven lijnen te trekken: ik zeg twee of meer-  
dere: want men kan met het trekken van loodlijnen op  $AL$   
en  $AI$ , op de zelfde wijze voortgaan zoo ver men wil,  
en er zullen altijd gelijkvormige driehoeken ontstaan.

(a) Zie EUTOCIUS *Commentariorum* prop. 2 Lib. II. ARCHIMEDIS *de Sphaera et Cilindro*.

(b) *Geometria Lib. IX. in initio et Lib. III. in initio*.

## II. A F D E E L I N G.

### OVER LIJNEN IN UITERSTE EN MIDDELSTE REDE GESNEDEN.

#### IV. BEPALING. Fig. 107.

Eene lijn  $[AB]$  wordt gezegd in *uiterste* en *middelste* rede gesneden te zijn, als de geheele lijn  $[AB]$  tot het grootste deel  $[AC]$  de zelfde rede heeft als het grootste deel  $[AC]$  tot het kleinste  $[CB]$ .

EUCL. VI. Bep. 3. — St. VI. Bep. 3.

I. AANMERKING. Indien men het 6. Gevolg van het VIII. Voorstel op deze Bepaling toepast zal het blijken, dat eene lijn in *uiterste* en *middelste rede* gesneden, die is waarin het vierkant op het grootste stuk van gelijken inhoud is als de rechthoek uit de beide stukken: en hieruit wordt afgeleid dit

#### GEVOLG.

Eene lijn in *uiterste* en *middelste rede* te snijden, is het zelfde, als eene lijn zoodanig te snijden, dat het vierkant van het grootste stuk  $[AC]$  gelijk is aan den rechthoek uit de geheele lijn  $[AB]$  en het kleinste stuk  $[BC]$ .

II. AANMERKING. Wij hebben reeds in de XXV. en XXVI. Voorstellen van het II. Boek van zoodanige lijn gewag gemaakt: en verder in de Aanmerking op het XXV. tot het X. Werkstuk van het eerste Boek der Werkstukken verwezen, om eene lijn zoodanig (en dus in *uiterste* en *middelste rede*) te snijden.

III. AANMERKING. De Ouden hadden veel op met het snijden eener lijn in *uiterste* en *middelste rede*: zij noemden die snede de *goddelijke snede*, of ook wel, bij uitsluiting, *de snede*. En in de daad, de eigenschappen daarvan zijn opmerkelijk. EUCLIDES heeft in de zes eerste Voorstellen van zijn XIII. Boek over dezelve gehandeld: wij zullen, om den leergierige lezers dienst te doen, en ze aan den trant der Ouden te gewennen, die Voorstellen opgeven, met de eigen woorden van EUCLIDES, dezelve bewijzen, en dat geen bijvoegen wat wij zullen oordeelen te behoren. Wij moeten enkel hier herinneren, het geen wij reeds (II.

188 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

(II. Boek, Bep. 5. Gev. 2. Aanm. 5.) gezegd hebben: dat „de *magt* van eene lijn:” of „eene lijn te samen met eene „andere *kan*,” wil zeggen, het vierkant op die lijn, of op de som dier twee lijnen, gemaakt.

XVI. VOORSTEL. Fig. 106.

Indien eene lijn [BA] in uiterste en middelste rede gesneden is, en men voegt aan dezelve een stuk [AD], gelijk aan het grootste stuk [AC]; zal de geheele aldus verlengde lijn [BD] ook in uiterste en middelste rede gesneden zijn, en de gegeven lijn [BA] zal er het grootste stuk van zijn.

EUCL. XIII. 5.

BEWIJS. Zij L de gegeven lijn, G het grootste, K het kleinste stuk; zoo dat  $G + K = L$  en  $L + G$  de verlengde lijn. Dan is  $L : G = G : K$  (Bep. 4) en derhalve *componendo*,  $L + G : L = G + K : G$ ; dat is  $L + G : L = L : G$ ; of [Fig. 106.]  $BD : BA = BA : AD$ .

I. AANMERKING. Indien men uit  $L : G = G : K$ , *dividendo* besluit, heeft men  $L - G : G = G - K : K$ ; dat is  $K : G = G - K : K$ ; of  $G : K = K : G - K$ . Dat is [Fig. 107] indien  $BE = AC$ ;  $AC : EA = EA : CE$ ; het geen dit Voorstel geeft. „Indien men van eene lijn, „in uiterste en middelste rede gesneden, uit het uiteinde „dat aan het kleinste stuk grenst, een stuk afsnijdt gelijk „aan het grootste stuk; zal het aldus afgesneden, of het „grootste, stuk [BE] daardoor in uiterste en middelste „rede gesneden zijn: en het kleinste stuk [BC] van de „gegeven lijn, zal het grootste zijn van de aldus vermin- „derde lijn [BE].”

II. AANMERKING. Men hadt ook aldus kunnen redeneeren: te weten, na den laatsten regel van het bewijs in de voorgaande Aanmerking, of na  $G - K : K = K : G$  zoude men voor G hebben kunnen stellen,  $L - K$ , en dan hadt men  $G - K : K = K : L - K$ ; dat is, in Fig. 108. zoo  $AF = BC$ ; is  $CF : BC = BC : BF$ ; waaruit dit Voorstel: „Indien eene lijn in uiterste en middelste rede „gesneden is, en men van het grootste deel (aan het uiteinde van de lijn te beginnen) een stuk afsnijdt gelijk „aan het kleinste stuk, zal het overschot ook in uiterste „en middelste rede gesneden zijn; en het kleinste stuk van „de gegeven lijn, zal nu het grootste stuk zijn.”

III. AANMERKING. Het blijkt dan dat, wanneer men eens eene lijn

## II. Afd.: Over lijnen in uiterste en middelste rede gesneden. 189

lijn heeft, die in uiterste en middelste rede gesneden is, men er altijd zoo wel grootere en grootere, als kleinere en kleinere, zoo veel men wil, vinden kan: men heeft slechts aan de gegeven lijn een stuk te voegen gelijk aan het grootste stuk, of er een stuk van aftrekken gelijk aan het kleinste: en gedurig aldus met iedere der lijnen die als dan geboren worden voort te gaan.

IV. AANMERKING. Om dat men (volgens de II. Aanmerking) heeft  $G - K : K = K : G$ ; en uit de bepaling  $K : G = G : L$ : is  $G - K : K = G : L$ ; of  $= G : G + K$ : en dus  $[G - K], [G + K] = K : G$  of  $G^2 - K^2 = K : G$ : het geen dit Voorstel geeft. „Indien eene lijn in uiterste en „middelste rede gesneden is, is het verschil der vierkan- „ten op de stukken, gelijk aan den regthoek uit dezelve.”

### XVII. VOORSTEL.

Indien twee lijnen, beide, in uiterste en middelste rede gesneden zijn, zijn zij in de zelfde rede gesneden: dat is hare deelen zijn onderling evenredig.

EUCL. XIV. 2: of volgens andere, XIV. 7. en PAPPUS *Col. Math. V. 44.*

BEWIJS. Laat ons de lijnen door  $L$  en  $l$ , de grootste stukken door  $G$  en  $g$  en de kleinste door  $K$  en  $k$ , kortheidshalve, uitdrukken.

Dan is  $\square$  op  $G \propto$  Regth. uit  $L$  en  $K$ : en  $\square$  op  $g \propto$  Regth. uit  $l$  en  $k$ : derhalve  $\square$  op  $G$ : Regth. uit  $L$  en  $K = \square$  op  $g$ : Regth. uit  $l$  en  $k$ : en  $\square$  op  $G$ : 4 Regth. uit  $L$  en  $K = \square$  op  $g$ : 4 Regth. uit  $l$  en  $k$  en *compensando*  $\square$  op  $G + 4$  Regth. uit  $L$  en  $K$ :  $\square$  op  $G = \square$  op  $g + 4$  Regth. uit  $l$  en  $k$ :  $\square$  op  $g$ : maar [II. 7.]  $\square$  op  $G + 4$  Regth. uit  $L$  en  $K \propto \square$  op  $[L + K]$ ; en  $\square$  op  $g + 4$  Regth. uit  $l$  en  $k \propto \square$  op  $[l + k]$ : gevolgelyk  $\square$  op  $[L + K]$ :  $\square$  op  $G = \square$  op  $[l + k]$ :  $\square$  op  $g$ : en derhalve  $L + K : G = l + k : g$ : en *dividendo*  $[L - G] + K : G = [l - g] + k : g$ : of  $2 K : G = 2 k : g$  of  $K : G = k : g$ : en  $K + G : K$  of  $G = k + g : k$  of  $g$ : dat is  $L : G$  of  $K = l : g$  of  $k$ .

I. AANMERKING. Dit bewijs is van EUCLIDES: doch het Voorstel kan korter bewezen worden uit de wijze waarop zoodanige lijn gesneden wordt, d. i. uit II. 25. Dat Fig. 68a. AB en EB twee lijnen zijn in uiterste en middelste rede  
in

in M en C gesneden: dan is uit de bereiding  $AG: BG = ED: BD$  of  $AG: GH = ED: DF$  en  $AG - GH: AG = ED - DF: ED$ : d. i.  $AH: AG = EF: ED$ ; of  $AC: AB = EM: EB$ .

II. AANMERKING. De rede der geheele lijn tot de stukken is dan voor alle de lijnen bestendig de zelfde. Het deelen van eene lijn in uiterste en middelste rede wordt tot het oplossen van verscheide Werkstukken gevorderd: men zoude dus verwagten eene zoodanige lijn op de *proportionaal-pasfers* te vinden, en echter zijn er maar zeer weinige waarop er eene onder dien naam gesneden is: op de meeste staat zij niet: maar dit gemis is slechts schijnbaar: zij is er in de daad; want wij zullen in het VI. Boek, Voorstel XXI. zien, dat als men den radius van den cirkel in uiterste en middelste rede snijdt, het grootste stuk de zijde is van den tienhoek in den cirkel beschreven. Men neme dus op den *proportionaal-pasfer* de zijde van den zeshoek, (d. i. den *radius*) voor de geheele lijn; de zijde van den tienhoek geeft het grootste stuk.

### XVIII. VOORSTEL.

Indien eene lijn in uiterste en middelste rede gesneden is; kan het grootste stuk te samen met de helft van de geheele lijn, het vijfvoud van het vierkant der halve lijn.

EUCL. XIII. 1.

VITLEGGING. Fig. 107. Dat is  $\square$  op  $(AC + \frac{1}{2} AB) \propto 5 \square$  op  $\frac{1}{2} AB$ .

I. BEWIJS. Uit de onderstelling  $\square$  op  $AC \propto$  Regth. uit  $AB$  en  $BC$ , dat is  $\propto$  Regth. uit  $AB$  (en  $AB - AC$ )  $\propto \square$  op  $AB -$  Regth. uit  $AB \cdot AC$  (II. 5).

derhalve  $\square$  op  $AC +$  Regth. uit  $AB \cdot AC \propto \square$  op  $AB$ :  
en  $\square$  op  $AC +$  Regth. uit  $AB \cdot AC + \square$  op  $(\frac{1}{2} AB)$   
 $\propto \square$  op  $AB + \square$  op  $\frac{1}{2} AB$ .  
 $\propto 5 \square$  op  $(\frac{1}{2} AB)$ .

of:  $\square$  op  $AC + \frac{1}{2} AB$  Regt. uit  $AC$  en  $\frac{1}{2} AB + \square$  op  $(\frac{1}{2} AB)$   
 $\propto 5 \square$  op  $(\frac{1}{2} AB)$ :

d. i. door II. 5.  $\square$  op  $(AC + \frac{1}{2} AB) \propto 5 \square$  op  $(\frac{1}{2} AB)$ .

II. BEWIJS. Uit de constructie (Fig. 68a.) en II. 25.

$\square$  op  $AG \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $BG$ .  
 $\propto 5 \square$  op  $\frac{1}{2} AB$

Maar  $\square$  op  $AG \propto \square$  op  $(AH + HG) \propto \square$  op  $(AC + \frac{1}{2} AB)$ : dus  $\square$  op  $(AC + \frac{1}{2} AB) \propto 5 \square$  op  $\frac{1}{2} AB$ .

## II. Afd. Over lijnen in uiterste en middelste rede gesneden. 191

I. AANMERKING. Indien men dit laatste op de nieuwste wijze uitdrukt is

$$AC + \frac{1}{2} AB^2 = \frac{5 AB^2}{4}$$

$$\text{en dus } AC + \frac{1}{2} AB = \frac{AB}{2} \times \sqrt{5}:$$

en dus  $AC = \frac{AB}{2} \sqrt{5} - \frac{1}{2} AB$ : het geen juist de wijze op-  
levert om eene lijn in uiterste en middelste rede te snijden  
(I. Boek, Werkstuk 10).

II. AANMERKING. Dit geeft ook  $AC = \frac{1}{2} AB (\sqrt{5} - 1)$ :

$$\begin{aligned} \text{en dus } BC &= AB - \frac{1}{2} AB (\sqrt{5} - 1) = \frac{AB}{2} (2 - \sqrt{5} + 1) \\ &= \frac{AB}{2} (3 - \sqrt{5}). \end{aligned}$$

Waaruit volgt  $AC : BC = \sqrt{5} - 1 : 3 - \sqrt{5}$ : het geen ook  
bewijst dat die snede bestendig voor alle lijnen de zelfde is.

### XIX. VOORSTEL.

Indien eene lijn in uiterste en middelste rede gesneden is,  
is ieder stuk *onmeetbaar*, en wordt *apotome* genaamd.

EUCL. XIII. 6.

BEWIJS. Uit Aanm. 2. op Voorst. XVIII. is  $G = \frac{1}{2} L (\sqrt{5} - 1)$   
en  $K = \frac{1}{2} L (3 - \sqrt{5})$ : dus beide onmeetbaar ten opzichte der  
geheele lijn, en onderling.

Doch EUCLIDES noemt *apotome* (X. 74.) het verschil van twee  
grootheden die onmeetbaar zijn in lengte, doch meetbaar in magt,  
zoo als hier  $\sqrt{5}$  het is ten opzichte van 1 en 3, want de vier-  
kanten 5, 1, 9 zijn meetbaar.

### XX. VOORSTEL. Fig. 109.

Indien eene lijn KI het vijfvoud *kan* van haar deel BK,  
en het dubbeld BD van dat deel in uiterste en middelste rede  
gesneden wordt, zal het grootste stuk daarvan gelijk zijn aan  
het overschot BI van de eerstgemelde lijn KI.

EUCL. XIII. 2.

BEWIJS. Uit de onderstelling is  $KI = BK \sqrt{5}$ : dus

$$BI = KI - BK = BK \sqrt{5} - BK = BK (\sqrt{5} - 1).$$

Maar zoo BD = 2 BK in uiterste en middelste rede gesneden  
wordt, is het grootste deel =  $\frac{1}{2} BD (\sqrt{5} - 1) = BK (\sqrt{5} - 1)$ .  
Zie het voorgaande Voorstel. Dus is dat grootste deel gelijk  
aan BI.

XXI.



XXI. VOORSTEL.

Indien eene lijn L in uiterste en middelste rede gesneden is, kan het kleinste deel [K] met de helft van het grootste [G] het vijfvoud van het vierkant op de helft van het grootste deel G.

EUCL. XIII. 3.

BEWIJS. Daar  $K : G = \frac{1}{2} L (3 - \sqrt{5}) : \frac{1}{2} L (\sqrt{5} - 1)$  (Voorst. XVIII. Aanm. 2).

is  $K : G = 3 - \sqrt{5} : \sqrt{5} - 1$  en dus (III. 5.)

$$K = \frac{G(3 - \sqrt{5})}{\sqrt{5} - 1}; \text{ en}$$

$$\begin{aligned} K + \frac{1}{2} G &= \frac{1}{2} G \left( 1 + \frac{2(3 - \sqrt{5})}{\sqrt{5} - 1} \right) \\ &= \frac{1}{2} G \left( \frac{\sqrt{5} - 1 + 6 - 2\sqrt{5}}{\sqrt{5} - 1} \right) = \\ &= \frac{1}{2} G \frac{(5 - \sqrt{5})}{\sqrt{5} - 1} = \frac{1}{2} G \cdot \sqrt{5}. \end{aligned}$$

Derhalve  $\square$  op  $(K + \frac{1}{2} G) \propto 5 \square$  op  $(\frac{1}{2} G)$ .

XXII. VOORSTEL.

Indien eene lijn [L] in uiterste en middelste rede gesneden is, is de som der beide vierkanten op het kleinste deel [K] en op de geheele lijn [L] het drievoud van het vierkant op het grootste deel [G].

EUCL. XIII. 4.

BEWIJS. Uit Voorst. XVIII. Aanm. 2. is

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2} L (3 - \sqrt{5}) \\ \text{en dus } K^2 &= \frac{1}{4} L^2 (9 - 6\sqrt{5} + 5) = \frac{1}{4} L^2 (14 - 6\sqrt{5}) \\ \text{en } K^2 + L^2 &= \frac{1}{4} L^2 (18 - 6\sqrt{5}) \end{aligned}$$

Maar uit Voorst. XVIII. Aanm. 2. is

$$\begin{aligned} L &= \frac{2G}{\sqrt{5} - 1}; \text{ dus } L^2 = \frac{4G^2}{(\sqrt{5} - 1)^2} = \frac{4G}{6 - 2\sqrt{5}}; \\ \text{en dus } K^2 + L^2 &= G^2 \times \frac{(18 - 6\sqrt{5})}{6 - 2\sqrt{5}} = 3G^2. \end{aligned}$$

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DE GELIJKVORMIGE VEELHOEKEN.

##### XXIII. VOORSTEL. Fig. 87.

Indien veelhoeken [M en N] die uit een gelijk getal zijden bestaan, door diagonalen [AC, AD en FH, FI], uit eenen der hoeken [A en F], naar de andere hoeken getrokken, in driehoeken [BAC, CAD, DAE en GFH, HFI, IFK] gedeeld worden; zullen de veelhoeken gelijkvormig zijn, zoo de driehoeken twee aan twee en in hunnen rang genomen gelijkvormig zijn [namelijk  $\triangle BAC \sim \triangle GFH$ ,  $\triangle CAD \sim \triangle HFI$ ;  $\triangle DAE \sim \triangle IFK$ ].

St. VI. 15 en Gevolg. — L. G. III. 26. *Scholie.*

**BEWIJS.** Uit de gelijkheid der hoeken in de driehoeken; wordt de gelijkheid der eveneens geplaatste hoeken in de beide veelhoeken bewezen: dat het eerste is.

Uit de evenredigheid der zijden in de driehoeken, wordt de evenredigheid der eveneensstaande zijden in de veelhoeken afgeleid, dat het tweede is.

**AANMERKING.** Dit moet bewezen worden om aantetoonen, dat er gelijkvormige veelhoeken zijn kunnen, en hoe men dezelve beschrijven kan. Zie het II. Werkstuk van het IV. Boek.

#### I. GEVOLG.

Wanneer twee driehoeken gelijkvormig zijn, zullen de parallelogrammen welke voor diagonalen eene der zijden van die driehoeken hebben, en dus het dubbeld van die driehoeken zijn, ook gelijkvormig zijn: en derhalve heeft alles wat van de gelijkvormige, of gelijkhoekige, driehoeken bewezen is, ook voor de gelijkvormige parallelogrammen plaats.

#### II. GEVOLG. Fig. 52.

De parallelogrammen die om de diagonaal van een parallelogram staan, zijn onderling en aan het geheel parallelogram waartoe zij behoren gelijkvormig.

Eucl. VI. 14 — St. VI. 20.

XXIV. VOORSTEL. Fig. 87.

Gelijkvormige veelhoeken [M en N] worden door diagonalen, als deze op eene gelijkvormige wijze getrokken zijn, in gelijkvormige driehoeken gedeeld: en de inhouden dier veelhoeken staan tot elkander als de vierkanten op hunne eveneensstaande zijden, of in de verdubbelde rede van die zijden.

EUCL. VI. 20. — St. VI. 16. — L. G. III. 26, 27.

BEWIJS. Voor het I. Uit het IV. Voorstel.

Voor het II. Uit de beschouwing dat de veelhoeken tot elkander staan als de sommen hunner driehoeken: dat deze driehoeken tot elkander staan als de vierkanten hunner eveneensstaande zijden, en dus als die der eveneensstaande zijden van de veelhoeken: waaruit het Voorstel volgt door het XIII. Voorstel van het III. Boek.

I. AANMERKING. Men kan thans het 2, 3, 4, 5, 6 en 7 Werkstuk van het IV. Boek oplossen.

I. GEVOLG.

Zoo vier lijnen evenredig zijn, staan de vierkanten op dezelfde beschreven in verdubbelde rede dier lijnen: en gevolglijk komt het geometrisch vierkant overeen met de verdubbelde rede, en men kan de *arithmetische quadraten*, of *tweede magten* der getallen, welke de lengte van eenige lijnen uitdrukken, in plaats der geometrische vierkanten gebruiken. Zie III. Boek XVIII, Bepaling: en hier boven IX. Voorstel, het 5. Gevolg.

TOEGANG OP EUCL. VI. 20.

II. GEVOLG.

Uit dit Voorstel, op parallelogrammen toegepast, en vergeleken met de 2. Aanmerking op het IX. Voorstel, blijkt, in welken zin EUCLIDES gezegd heeft, in de XVIII. propositie van zijn VIII. Boek, dat „gelijkvormige vlakke getallen tot „elkander staan in verdubbelde rede van de eveneensstaande „zijden, en (pr. XXVI.) dat zij tot elkander staan als een „quaadraat-getal tot een quaadraat-getal.”

III. GEVOLG.

Zoo drie lijnen gedurig evenredig zijn, staat de Figuur op de eerste, tot de gelijkvormige Figuur op de tweede,  
zoo

### III. Afdeling: Over de gelijkvormige veelhoeken. 195

zoo als de eerste lijn tot de derde lijn, (XV. Voorstel van het III. Boek).

TACQUET OP EUCLIDES VI. 20. Cor. 2.

II. AANMERKING. Op dit Voorstel steunen, op de proportionaal-pasfers van Fransch maakfel, de lijnen welke den naam dragen van *les Plans*. Zij staan niet op de pasfers van Engelsch maakfel: men vindt ze op eenige andere, ook wel onder den tijtel van *Geometria*. Zij dienen om, wanneer men eene ge-gevene figuur moet vergrooten of verkleinen, de zijde te vinden van de figuur, die aan de gegevene gelijkvormig ente-vens daarvan het gevraagde veelvoud, of deel, zijn zal. Daarom gaan de deelen op die lijnen in eene geometrische rede: daat bijv. de afstand van 0 tot 90 het drievouwd, die van 0 tot 40 het dubbeld is van dien van 0 tot 10: zijn die getallen 90, 40, 10, of 9, 4, 1 in de verdubbelde rede van 3, 2, 1: dat is in die rede welke de gelijkvormige figuren onderling hebben, als zij op lijnen geplaatst worden die onderling zijn als 3, 2, 1. Indien men dan eene figuur maken wil die het negenvoud is van eene andere, stelle men de punten des pasfers, welke eene zijde van die figuur bevatten, op de zelfde getallen op de twee bladen; bijv. van 10 tot 10: dan zal de afstand van 90 tot 90 de eveneensstaande zijde ge-ven voor de te vervaardigen figuur. Indien men eene figuur maken moet die het  $\frac{1}{6}$  gedeelte van eene gegevene is; stel-le men de punten des pasfers op de zelfde getallen op beide de bladen: bijv. van 96 tot 96; neme het  $\frac{1}{6}$  van dat getal of 16; en plaatse de punten des pasfers van 16 tot 16: men heeft de eveneensstaande zijde voor de figuur die het  $\frac{1}{6}$  is van de gegevene: en welke zijde zal staan tot de zijde der gegevene als  $\sqrt{\frac{1}{6}}: 1 = 1: \sqrt{6}$ .

#### XXV. VOORSTEL.

Zoo vier lijnen evenredig zijn, zullen de gelijkvormige en eveneens geplaatste figuren op de eerste en tweede lijn, in de zelfde rede staan als de gelijkvormige en even-eens geplaatste figuren op de derde en vierde: — en om-gekeerd: — Zoo twee gelijkvormige figuren in de zelfde rede zijn als twee andere gelijkvormige figuren, zullen de eveneens geplaatste lijnen waar op deze figuren gesteld zijn, evenredig zijn.

EUCL. VI. 22. — St. VI. 18.

I. BEWIJS. Volgens EUCLIDES: A, B, C, D; zijn de vier lijnen.

N 2

voor

196 *IV. Boek: Over de gelijkvormigheid der figuren.*

VOOR HET I. GEDEELTE. BEREIDING. Stel  $b$  derde evenredige aan  $A$  en  $B$ : en  $d$  derde evenredige aan  $C$  en  $D$ .

BEWIJS.  $A : B = B : b$  } Bereiding.  
 $C : D = D : d$  }  
 $A : B = C : D$   
 dus  $B : b = D : d$   
 en  $A : C = b : d$   
 of  $A : b = C : d$

Maar Fig. op  $A$ : Fig. op  $B = A : b$  } XXIV. Voorst.  
 Fig. op  $C$ : Fig. op  $D = C : d$  } Gev. 3.  
 dus Fig. op  $A$ : Fig. op  $B =$  Fig. op  $C$ : Fig. op  $D$ .

VOOR HET II. BEREIDING. Stel  $A : B = C : d$ .

BEWIJS.  $\square$  op  $A$ :  $\square$  op  $B = \square$  op  $C$ :  $\square$  op  $d$ : door het  
 en  $\square$  op  $A$ :  $\square$  op  $B = \square$  op  $C$ :  $\square$  op  $D$ , XXIV Voorst.  
 dus  $\square$  op  $d = \square$  op  $D$  en  $d = D$ .  
 dus  $A : B = C : D$ .

AANMERKING. Dit Bewijs van EUCLIDES, dat wij voor het tweede gedeelte wat eenvoudiger voorgesteld hebben, is zeer fraai, en ten vollen geometrisch.

II. BEWIJS. VOOR HET I. Uit het XXIV. Voorstel, deszelfs 1. Gevolg, en het 1. Gev. van het X. Voorstel van het III. B.

VOOR HET II. Uit het 1. Gevolg van het X. Voorstel van het III. Boek: 1. Gevolg van het XXIV. van dit Boek.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 110.

In alle regthoekige driehoeken is de figuur op de schuinsche zijde gelijk aan de som der beide gelijkvormige en eveneensgeplaatste figuren die op de regthoekszijden staan.

EUCL. VI. 31. — St. VI. pr. 30. Gev.

BEWIJS. Uit het XXV. Voorstel; III, 8: het XXV. Voorstel: III, 11: II, 16: en III. *Axioma* 3.

I. AANMERKING. Het Voorstel van PYTHAGORAS (II. Boek XVI. Voorstel) is slechts een bijzonder geval van dit Voorstel: ook hangen zij beide van eene meer algemeene eigenschap der driehoeken af, zoo als wij dit reeds in de II. Aanmerking op het XVI. en in het XX. Voorstel met deszelfs Gevolgen van het II. Boek gezegd hebben.

II. AANMERKING. Men kan thans het 8. Werkstuk van het IV. Boek oplossen:

XXVII.

**XXVII. VOORSTEL.**

Alle regelmatige veelhoeken, die uit een evengroot getal zijden bestaan, zijn gelijkvormig aan elkander; en hunne inhouden zijn als de vierkanten der eveneensstaande zijden, of der stralen, of der loodlijnen; dat is, in verdubbelde rede dier zijden, stralen, of loodlijnen.

L. G. IV. 8.

BEWIJS. VOOR HET I. Uit het XXIII. Voorstel; en den aard der gelijkvormige veelhoeken.

VOOR HET II. Uit het XXIV. en XI. Voorstel.

GEVOLG. Fig. 80, 81 en 82.

Dus zijn de veelhoeken, waarvan wij in het XXXV, XXXVI, XXXVII en XXXVIII. Voorstel van het II. Boek gewag gemaakt hebben, gelijkvormig aan de veelhoeken in welke zij staan: en in het geval van het XXXVIII. Voorstel [Fig. 82.], zal de veelhoek EFGIL, in omtrek en in inhoud, de kleinste zijn die hij zijn kan, wanneer de stippen E, F, G, I, L, op het midden der zijden AD, DC, CB, BQ, QA staan: want dan is de straal OE loodregt op AD, en dus de kortste lijn.

**XXVIII. VOORSTEL. Fig. 81 en 82.**

De omtrekken der regelmatige veelhoeken, die uit een gelijk getal zijden bestaan, maar op ongelijke lijnen beschreven zijn, staan tot elkander zoo als hunne stralen, of loodlijnen.

BEWIJS. Uit den aard der veelhoeken; namelijk uit het 2 Gevolg van de 11 Bepaling van het II. Boek, en het II. Voorstel, Gev. 2. van dit Boek.

GEVOLG.

In alle regelmatige veelhoeken, die uit het zelfde getal zijden bestaan, is de rede van den omtrek tot de loodlijn, of tot den straal, bestendig de zelfde.

**XXIX. VOORSTEL.**

Verschillende regelmatige veelhoeken staan tot elkander in samengestelde rede hunner omtrekken en loodlijnen.

BEWIJS. Uit het XXIX. Voorstel van het II. B. en uit het VII. Voorstel van dit Boek.

## GEVOLG.

Dus, indien de omtrekken gelijk zijn, zijn de inhouden als de loodlijnen: en indien de inhouden gelijk zijn, staan de omtrekken in omgekeerde rede der loodlijnen, (III. Axioma 4: en III, 5).

## XXX. VOORSTEL. Fig. III.

Van twee regelmatige veelhoeken [ABDEF en GOKLMN] wier omtrekken gelijk zijn, heeft die [GOKLMN] de grootste loodlijn [PQ] welke de meeste zijden heeft.

BEREIDING. Men stelle de omtrekken van beide, die toch gelijk zijn, uitgedrukt te worden door  $O$ : het getal der zijden door  $m$  en  $n$ , zoo dat  $m > n$ : Trek CI en PQ LL; dan is  $FE = \frac{O}{m}$ ,  $GN = \frac{O}{n}$ : en derhalve  $FE > GN$  en  $FI > GQ$ . Neem  $RI = GQ$ . Trek RC. CI en PQ zijn de loodlijnen.  $\angle FCE$  is  $> \angle GPN$  en dus ook  $\angle FCI > \angle GPQ$ .

BEWIJS.  $FI : GQ = \frac{O}{m} : \frac{O}{n} = \frac{4L}{m} : \frac{4L}{n}$ : maar  $\angle FCI : \angle GPQ = \frac{4L}{m} : \frac{4L}{n}$ : derhalve  $FI : GQ$  of  $RI = \angle FCI : \angle GPQ$ . Maar (XII. Gev. 2.)  $FI : RI > \angle FCI : \angle RCI$ : en dus  $\angle FCI : \angle GPQ > \angle FCI : \angle RCI$ : derhalve  $\angle GPQ < \angle RCI$ : en om dat  $\angle RIC = L = \angle GQP$  is de derde  $\angle PGQ > \angle CRI$ . Gevolgelyk indien men in R maakt  $\angle IRS = \angle QGP$ , zal het been RS boven het been CR vallen: en dus zal het stip S de lijn IC, verlengd, boven C snijden: zoo dat  $SI > CI$ : maar  $SI = PQ$ : derhalve  $PQ > CI$ .

## XXXI. VOORSTEL. Fig. III.

Van twee regelmatige veelhoeken die gelijke omtrekken hebben heeft die den grootsten inhoud die de meeste zijden heeft.

PAPPUS *Col. Mathem.* V. 1. — L. G. IV. *Appendix*, pr. 7.

BEWIJS. Uit Voorst. XXIX. Gev. en Voorst. XXX.

## GEVOLG.

Indien dus een gelijkzijdige driehoek, een vierkant, en een regelmatige zeshoek gelijken omtrek hebben, is de inhoud van den zeshoek grooter dan die van het vierkant, en die van het vierkant grooter dan die van den driehoek.

### III. Afdeeling: Over de gelijkvormige veelhoeken. 199

BEREKENING. Fig. 80. De loodlijn CX in den zeshoek PQRSTU  
 $= \sqrt{CR^2 - RX^2} = \sqrt{RS^2 - \frac{1}{4}RS^2} = \sqrt{\frac{3}{4}RS^2} =$

$$RS \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{0}{6} \times \sqrt{\frac{3}{4}} = 0 \times \sqrt{\frac{3}{4 \times 36}} = 0 \times \sqrt{\frac{1}{48}},$$

indien O den omtrek aanduidt.

De loodlijn in het vierkant is de helft van de zijde, dus hier  
 $\frac{0}{8} = 0 \sqrt{\frac{1}{64}}$ ; dus kleiner dan voor den zeshoek.

In den gelijkzijdigen driehoek DAF, is de loodlijn  
 $CX = \frac{1}{3}AX$  (XIV. Voorstel, Gev. 3)  $= \frac{1}{3} \sqrt{AF^2 - FX^2} =$

$$\frac{1}{3} \sqrt{AF^2 - \frac{1}{4}AF^2} = \frac{1}{3} AF \sqrt{\frac{3}{4}} = AF \sqrt{\frac{3}{9 \times 4}} =$$

$$AF \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{1}{3} 0 \sqrt{\frac{1}{12}} = 0 \sqrt{\frac{1}{9 \times 12}} = 0 \sqrt{\frac{1}{108}};$$

dus kleiner dan voor het vierkant.

AANMERKING. De Beijen, die aan hare celletjes eene zes-  
 kantige gedaante geven, gebruiken dus eene van die figuren, in  
 welke geen tuschenruimte verloten wordt (II. 29. Gev. 2);  
 en wel die, welke den grootsten inhoud onder den zelf-  
 den omtrek bezit.

Zie PAPPUS *Colloc. Matth.* V. Boek Voorrede, die hier over zeer  
 lezenswaardig is: en bij de nieuwere Schrijvers, onder anderen, LA  
 CHAPELLE *Institutions de Géométrie* T. II. p. 217—233.

#### XXXII. VOORSTEL. Fig. 79.

Indien men in eenen regelmatigen vijfhoek, uit de twee  
 einden [H, K] van eene der zijden [KH], regte lijnen [HC,  
 KE] naar de uiteinden der aangrenzende zijden [KC, HE] trekt:  
 zullen 1°. deze den veelhoek verdeelen in eene ruit [CBE $\alpha$ ],  
 in twee gelijkbeenige driehoeken [K $\alpha$ C, H $\alpha$ E], wier beenen  
 gelijk zijn aan de zijden van den vijfhoek, en in eenen der-  
 den gelijkbeenigen driehoek [K $\alpha$ H], wiens grondlijn de ge-  
 bruikte zijde des vijfhoeks is: verder 2°. zullen de twee ge-  
 melde lijnen [CH, KE] elkander in uiterste en middelste rede  
 snijden, en haar grootste stuk is gelijk aan de zijde van den  
 vijfhoek. 3°. Indien men uit iederen hoek lijnen naar alle  
 de overige hoeken trekt, zal ieder dier diagonalen zoodanig  
 door twee andere gesneden worden, dat het grootste stuk  
 door de eerste dezer afgesneden, weder door de tweede in  
 uiterste en middelste rede gesneden wordt, zullende het klein-  
 ste stuk het middelstuk der twee snijdingen zijn: en 4°. zul-  
 len deze lijnen door hare ontmoeting binnen den vijfhoek, en



om het zelfde middelpunt eenen nieuwen vijfhoek maken, die den gegebenen gelijkvormig, doch ten zijnen opzichte omgekeerd geplaatst is, en wiens zijde tot die van den gegeven vijfhoek staat, als het kleinste stuk van de gesneden geheele lijn tot die geheele lijn.

EUCL. XIII. 8. voor het tweede gedeelte.

BEWIJS. VOOR HET I.

$$\angle KHE = \frac{6R}{5} \text{ (II. 29. het 1. Gev )}$$

$$\text{dus } \angle KHC = \frac{2}{5}R : \text{ dus } \angle CHE = \frac{4}{5}R :$$

$$\text{en } \angle CHE + \angle BEH = \frac{10R}{5} = 2R :$$

gevolgelyk (I. 7)  $CH \parallel BE$ .

op de zelfde wijze  $KE \parallel CB$ :

dus is  $CBE$  een ruit (I. Bep. 17.) en de zijden  $CB$ ,  $BE$ ,  $Ex$ ,  $xC$ , zijn gelijk aan elkander:

dus zijn de  $\Delta \Delta CxK$ , en  $ExH$  gelijkbeenig en onderling gelijk:

dus ook  $Kx = Hx$ : en dus is ook  $\Delta HxK$  gelijkbeenig.

VOOR HET II. in de  $\Delta \Delta KxH$  en  $KEH$  is de  $\angle HKE$  gemeen:  $\angle KHx = \angle KEH$ ,  $\angle KxH = \angle KHE$ ; en dus (II. Voorst.)  $KE : EH = KH : Hx$  of

$KE : Ex = Ex : Kx$ : en insgelijks

$$HC : xC = xC : Hx.$$

Dus snijden de lijnen  $HC$  en  $EK$  elkander in uiterste en middelste rede (Bep. 4).

VOOR HET III.

$$HC : xC = xC : Hx \text{ dus (III. 8)}$$

$$HC - xC : xC = xC - Hx : Hx$$

of

$$Hx : xC = xC - yC : Hx$$

of

$$Hx : xC = xy : Hx$$

dus

$$Hx : xy = xC : Hx = HC : xC$$

of

$HC : xC = xC : Hx$  of  $Cy$ ; en dus, daar  $HC$  in uiterste en middelste rede gesneden is in  $x$ , is  $xC$  het ook in  $y$  (door Voorst. XVII).

VOOR HET IV. Dat de vijfhoek  $ON \gamma xy$  regelmatig is, blijkt uit de gelijkheid der driehoeken  $OBN$ ,  $NE \gamma$ ,  $\gamma Hx$ ,  $xKy$ ,  $yCo$ , en dus is dezelve aan den gegeven vijfhoek gelijkvormig (XXVII. Voorstel).

Dat het middelpunt het zelfde is voor beiden blijkt hier uit. dat de lijnen die uit  $B$  en  $C$  loodrecht op  $HK$  en  $EH$  zouden getrokken worden, door het middelpunt van den gegeven veelhoek gaan: en dat dezelve ook loodrecht op  $ON$ ,  $yO$ , en door  $x$  en  $\gamma$  gaan zouden, en dus door het middelpunt van den nieuwen vijfhoek.

Ver.

### III. Afdeling: Over de gelijkvormige veelhoeken. 201

Verder:  $\triangle OBN \sim \triangle KBH$ : dus  
 $ON : KH = OB : BK$ .

I. AANMERKING. Alle de eigenschappen in dit Voorstel vermeld, zijn den vijfhoek *allén* eigen, uitgezonderd deze, dat de diagonalen door hare onderlinge ontmoeting eenen nieuwen gelijkvormigen veelhoek zullen maken; dit is aan alle de regelmatige veelhoeken, van den vijfhoek te beginnen, eigen, doch met eenige bijzonderheden, waarvan wij in het XXXI. Voorstel van het VI. Boek, handelen zullen.

II. AANMERKING. Indien men den nieuwen vijfhoek op de zelfde wijze verdeelt, zal er wederom een nieuwe vijfhoek ontstaan, op wien alle de gemelde eigenschappen toepasselijk zijn.

# V I J F D E B O E K.

## OVER DEN CIRKEL (\*).

### I N L E I D I N G.

#### I. BEPALING. Fig. 112.

Men noemt *Choorde*, *Spanlijn*, of *Pees* eens cirkelboogs [BAE] eene lijn [BE], die, in den Cirkel getrokken, de uiteinden [B en E] diens boogs veréénigt, en denzelven boog belpant. Indien eene dergelijke choorde [DCF] door het middelpunt [C] gaat, draagt zij den naam van *middellijn*, of *diameter*, belpant wederzijds den halven omtrek [DAF, DGF], en deelt dus zoo wel den cirkel [DAFGD] als den omtrek deszelven in twee gelijke deelen.

EUCL. I. d. 17. — St. III. d. 1. — L. G. II. Bep. 3.

I. AANMERKING, Dat de middellijn den cirkel in twee gelijke deelen deelt, is, dunkt mij, een *Axioma*: Men kan het echter bewijzen, met door de verbeelding den halven cirkel DGB, aan den anderen kant des diameters te stellen, en optemerken dat dan de geheele boog DGF, op den geheelen boog DBAEF vallen moet, of de *radii* des cirkels zouden niet gelijk zijn, zoo als de bepaling des cirkels vordert.

L. G. II. 1.

II. AANMERKING. Eene choorde wordt ook wel eene in den cirkel *ingeschreven lijn* genoemd.

L. G. II. Bep. 6.

#### GEVOLG.

Eene *Choorde*, *Spanlijn*, of *Pees*, belpant altijd, of wederzijds den halven omtrek zoo zij door het middelpunt gaat, en dus middellijn is; of aan den eenen kant eenen boog [BAE] die kleiner, en aan den anderen kant eenen boog [BGF] die groter is dan de halve omtrek: zoo dat de beide bogen te samen den geheelen omtrek uitmaken.

III.

(\*) Zie de bepaling van den *cirkel*, en van *cirkelbogen*, in het I. Boek, Bep. 5. bl. 4.

II. AANMERKING. Het gebruik wil dat, wanneer men zegt dat eene lijn de choorde is van een' boog, men daar door verstaat den kleinsten der twee bogen die den omtrek des cirkels uitmaken.

II. BEPALING. Fig. 112.

Wanneer twee bogen  $[DHG, GIF]$  te samen den halven omtrek  $[DHGIF]$  uitmaken, wordt de eene [bijv.  $DHG$ ] het *aanvulsel*, of het *supplement*, van den anderen  $[GIF]$  genoemd: dat is het aanvulsel tot den halven omtrek.

AANMERKING. Wij zullen in het VIII. Boek nader over de *supplementen* spreken.

III. BEPALING. Fig. 112.

Men noemt *sector* van den cirkel een stuk  $[DCG]$  dat tusschen twee stralen (*radii*)  $[DC, CG,]$  en eenen boog  $[DHG]$ , tot wiens uiteinden de stralen komen, begrepen is.

EUCL. III. d. 10. — St. III. d. 9. — L. G. II. Bep. 5.

AANMERKING. Een *sector* bevat dus altijd eene bepaalde ruimte.

IV. BEPALING. Fig. 112.

Men noemt *Cirkelstuk*, of *Segment*,  $[BAE]$  dat gedeelte van den inhoud eens cirkels, het welk binnen den omtrek van een' boog  $[BAE]$  en de choorde  $[BE]$ , die denzelfden bespant, begrepen is.

EUCL. I. d. 18, 19. — St. III. d. 5, 8. — L. G. II. Bep. 4.

I. AANMERKING. Een *segment* bevat derhalve, even als de *sector*, eene bepaalde ruimte.

II. AANMERKING. Er is dus dit verschil tusschen een *segment* of *cirkelstuk*, en eenen *sector*, dat het *segment* door eenen boog en eene lijn, de choorde namelijk, doch de *sector* door eenen boog en twee lijnen, maar die door het middelpunt gaan, gevormd wordt. Gevolgelyk, behoort de halve cirkel te gelijk tot de *segmenten* en tot de *sectoren*.

V. BEPALING. Fig. 113.

Een *hoek* wordt gezegd in een *Cirkelstuk*  $[BDE]$  geplaatst

plaatst te zijn, als zijn top  $[D]$  in den boog is, en zijne beenen  $[DB, DE]$  tot de uitersten  $[B, E]$  van de choorde  $[BE]$  die het stuk beperkt, komen.

EUCL. III. d. 7. St. III. d. 6, 7.

#### VI. BEPALING. Fig. 113.

Een *segment* wordt gezegd tot eenen gegeven hoek *be-  
kwaam te zijn*: als men in hetzelfde den gegeven hoek  
zoo plaatsen kan, dat zijn top den boog raakt, en zijne  
beenen door de uiteinden  $[B, E]$  der choorde van het  
*segment* gaan.

#### VII. BEPALING. Fig. 113.

Een hoek  $[FIG, \text{ of } FCG]$  wordt gezegd op eenen  
boog  $[FG]$  te staan, wanneer zijne beenen  $[IF \text{ en } IG;$   
of  $CF \text{ en } CG]$  de uiteinden van dien boog raken: en  
hij wordt *hoek in het middelpunt*, of *hoek in den omtrek*  
genoemd, naar mate de top  $[C \text{ of } I]$  van den hoek  $[FCG,$   
of  $FIG]$  in het middelpunt  $[C]$  of in den omtrek  $[in$   
 $I]$  staat.

EUCL. III. d. 9. — St. III. d. 6. — L. G. II. Bep. 6.

#### I. GEVOLG.

Een hoek  $[BDE]$  in den omtrek, en die dus in een  
cirkelstuk  $[BDE]$  geplaatst is (Bep. V.), rust op den  
boog  $[BIFGE]$  die met den boog van het cirkelstuk waar-  
in de hoek staat den geheelen omtrek uitmaakt.

#### II. GEVOLG.

Die boog  $[BIFGE]$  waarop de beenen des hoeks rusten  
is dan kleiner, even groot, of groter dan de halve  
omtrek, naar mate het cirkelstuk waarin de hoek staat  
groter, even groot, of kleiner is dan de halve cirkel.

#### VIII. BEPALING. Fig. 121.

Men noemt *raakkijn* van den cirkel, eene lijn  $[ATZ]$   
die den cirkel raakt, doch, verlengd zijnde, niet  
snijdt. Eene *snijlijn*  $[ASH]$  die, welke tot den omtrek  
in  $S]$  gekomen, en verlengd, den omtrek snijdt, en bin-  
nen

nen den cirkel valt. Raaklijn en snijlijn zijn derhalve twee onbepaalde lijnen.

EUCL. III. *d.* 2. — St. III. *d.* 4. — L. G. II. *d.* 8.

AANMERKING. Zoude er uit deze bepaling niet regtstreeks volgen, dat eene raaklijn den cirkel maar in één stip raakt? doch er moet bewezen worden, dat er lijnen kunnen zijn, die den cirkel in één stip raken, en denzelven, hoe zij ook verlengd worden, niet snijden, het geen wij in ons III. Voorstel, *Gev. 1.* doen zullen.

#### IX. BEPALING. Fig. 134 en 135.

Men zegt dat twee cirkels elkander raken, wanneer zij elkander rakende zich niet snijden. De aanraking geschied of *uitwendig*, zoo de eene cirkel geheel buiten den anderen valt, of *inwendig*, zoo de eene geheel binnen den anderen valt.

EUCL. III. *d.* 3. — St. III. *d.* 2. — L. G. II. *def.* 9.

## A X I O M A T A

O F

### ALGEMEENE KUNDIGHEDEN.

#### I.

Cirkels, die met gelijke stralen getrokken zijn, zijn gelijk.

EUCL. III. *def.* 1. — St. III. *Axioma* 18.

#### II.

De middellijn is het dubbeld van den straal of *radius*.

#### III.

Indien uit het middelpunt naar eenig stip eene regte lijn getrokken wordt, die korter is dan de *radius*, of straal, valt dat stip binnen den cirkel, zoo als ook de geheele lijn: bijv. CM fig. 112.

## I. A F D E E L I N G.

OVER DE LIJNEN DIE IN, OF TOT DEN  
CIRKEL GETROKKEN WORDEN.

## I. VOORSTEL. Fig. 112.

Indien men in den omtrek van den cirkel twee stippen neemt  $[E, B]$ , en dezelve door eene regte lijn  $[EB]$  vereenigt, zal die lijn geheel binnen den cirkel vallen.

EUCL. III. 2.

BEREIDING. Trek op die lijn uit het middelpunt eenige lijn  $CM$  en vervolgens de stralen  $CE, CB$ .

BEWIJS. Uit I. 15. Gev. 1; 27, 17. en het III. *Axioma* van dit Boek.

AANMERKING. Die lijn is dus in de daad eene choorde, of spanlijn (Bep. 1.): en, verlengd zijnde, snijdt zij den omtrek in twee stippen,  $E$  en  $B$ . Zij kan den omtrek niet in meer dan in twee stippen snijden: anders immers zouden de lijnen  $CD, CB, CM$  uit het middelpunt naar drie stippen van snijding getrokken, gelijk moeten zijn: d. i. er zouden uit een stip op eene regte lijn meer dan twee gelijke lijnen getrokken kunnen worden; dat onmogelijk is.

L. G. II. 3.

## II. VOORSTEL. Fig. 114.

Wanneer drie stippen  $[A, B, D]$  niet in ééne regte lijn zijn, staan dezelve in den omtrek van eenen cirkel: of, in andere woorden, men kan altijd eenen cirkel trekken wiens omtrek door die stippen gaan:zal.

L. G. II. 7.

BEREIDING. Trek  $BD, BA, AD$ : stel dat  $BD$ , en  $AD$  in twee gelijke deelen gedeeld zijn in  $K$  en  $L$ : en dat  $KC$ , en  $LC$  die loodregt op  $BD$  en  $AD$  staan, elkander in  $C$  ontmoeten: trek  $CB, CD, CA$ : men moet bewijzen, dat  $CB, CD, CA$  onderling gelijk, en dus stralen zijn van den cirkel, wiens middelpunt  $C$  is.

BEWIJS. Dat  $BC = CD$  en  $CD = CA$  is, volgt uit I. 21.

AANMERKING. Het spreekt van zelf, uit de bereiding, dat er

er door die zelfde drie stippen A, B, D geen andere cirkel dan de reeds getrokkenen gaan kan.

GEVOLG.

De voorgaande bereiding en het bewijs leveren deze eigenschap der driehoeken op:

„ De loodlijnen, welke uit het midden der zijden eens driehoeks op dezelve getrokken kunnen worden, komen „ alle in één stip, het zij binnen het zij buiten den driehoek, te samen: en de lijnen, uit het zelve naar de hoeken van den driehoek getogen, zijn gelijk.”

Hieruit volgt wederom, dat, zoo de driehoek gelijkzijdig is, die loodlijnen door de toppen van de overstaande hoeken gaan, en die hoeken in twee gelijke deelen snijden (I. 27. het 4. Gev.) zullen, en daardoor wordt het stip van snijding, of vereéniging, in dat geval, het *middelpunt* van den driehoek genoemd, en het staat van den top af op twee derde gedeelten van iederé loodlijn. Zie IV. 14. het derde Gevolg, en IV. 13.

I. AANMERKING. Men zie in het X Werkstuk van het V. Boek de manier om eenen cirkel door drie gegeven stippen te trekken.

II. AANMERKING. De bereiding en het bewijs leveren ook een der middelen op om het I. en het II. Werkstuk van het V. en het 5. van het VI. Boek op te lossen.

III. VOORSTEL. Fig. 116.

Eene regte lijn [BD] die loodrecht staat op het einde van de middellijn, valt geheel buiten den cirkel, en raakt den cirkel in dat eenig stip, het uiteinde namelijk [B] van de middellijn.

EUCL. III. 16. — St. III. 9. — L. G. II. 9.

BEWIJS. Uit het ongerijmde. Men trekt namelijk uit het middelpunt de lijn CD tot het stip D, waarin men stelt dat de lijn BD ook den omtrek zoude raken, en dat dus tot den omtrek zoude behooren, zoo dat CD een straal zoude zijn: de ongerijmdheid volgt uit I. 17

GEVOLG.

Eene lijn, die den cirkel raakt, raakt denzelfden in één éénig stip.

St. III. 9. Gev. 1.

AAN.



AANMERKING. Men kan thans het 11, 12 (2. Oplosf.) 14, 15 en 16 Werkstuk van het V. Boek oplossen.

#### IV. VOORSTEL. Fig. 116.

Eene lijn  $[CB]$  die van het middelpunt  $[C]$  naar het stip  $[B]$  van aanraking tusschen den cirkel en eene regte lijn  $[BD]$  getrokken wordt, staat loodregt op die raaklijn: en omgekeerd; eene lijn in den cirkel, die loodregt op de raaklijn in het stip van aanraking staat, gaat door het middelpunt.

EUCL. III. 16, 18 en 19. — St. III. 9. Gev. 3.

BEWIJS VOOR HET I. Door de ongerijmdheid waarin men vervalt als men stelt dat eenige andere lijn  $CD$  loodregt is: die ongerijmdheid blijkt uit I. 17.

VOOR HET II. Uit de ongerijmdheid waarin men vervalt indien men stelt dat eenige andere lijn,  $BG$ , door het middelpunt  $G$  gaat; die ongerijmdheid blijkt uit het eerste gedeelte.

#### GEVOLG.

Er kan uit het raakpunt  $[B]$ , tusschen den omtrek des cirkels en de raaklijn  $[BA]$  geen lijn  $[BH]$  getrokken worden, die den omtrek des cirkels niet snijdt.

BEWIJS. Immers die lijn  $BH$  moet den cirkel of raken, of snijden: zoo zij den cirkel raakt, moet zij (door dit Voorstel) loodregt staan op de middellijn: en derhalve zouden er uit het stip  $B$ , op  $AB$ , twee loodregte lijnen  $BD$  en  $BH$  opgericht kunnen worden: dat (door I. 2. Gev. 3.) onmogelijk is: de lijn  $BH$  kan derhalve den omtrek niet raken: maar moet denzelven snijden.

I. AANMERKING. Zoodra de lijn  $BH$  schuins valt op  $AB$ , maakt zij met  $BD$  eenen hoek  $HBD$ , waarvan het eene been  $BD$  de raaklijn is, en het ander, de choorde  $BH$  van den Boog  $BIH$ : zoo dat, hoe klein ook de regthoekige hoek  $HBD$  zijn moge, de omtrek  $BIH$  des cirkels, nog altijd tusschen denzelven en de raaklijn  $BD$  invalt.

II. AANMERKING. Fig. 116. De boog  $BIH$  heeft eene helling op de raaklijn  $DB$ , en men kan die helling van den boog  $BIH$  op  $DB$  ook eenen hoek noemen, waarvan het eene been eene regte lijn, het ander een cirkelboog is: doch de helling eens cirkelboogs op eene regte lijn is geheel anders dan die van eene regte lijn op

op eene regte lijn; en dus kunnen die twee hoeken, indien men zich bij het eenvoudig en oorspronkelijk denkbeeld van eene helling houdt, niet met elkander vergeleken worden. Wanneer men zegt dat de hoek tusſchen den boog  $BIH$  en de lijn  $BD$  kleiner is dan eênigē regtlijnige hoek tusſchen  $BD$  en eene tweede lijn uit het ſtip  $B$  getrokken; vergelijkt men niet de enkele helling, maar wel ſtilzwijgend de ruimte die dergelijke hoeken bevatten: zoo is het bijv. waar, en klaarblijkelijk, dat in Fig. 143. de kromlijnige driehoeken  $GIE$ ,  $GIEL$ , kleiner zijn dan de regtlijnige  $GIE$ ,  $GIL$ : doch wij hebben reeds te voren gezegd dat het denkbeeld van ruimte tot dat van een' hoek niet behoort: zie a. Aanm. op de 8 Bepaling van het eerste Boek. Men heeft zeer veel getwist over den aard van den hoek door eene regte lijn met eenen cirkel-boog gevormd: waarover men kan nazien *CLAVIUS* en *TACQUET* op *EUCLIDES* III. 16. en *WALLIS Opera Mathematica*, T. II. p. 605.

III. AANMERKING. Fig. 138. Het is miſſchien met niet meerder naauwkeurigheid dat men regtlijnige hoeken met hoeken uit twee cirkel-bogen beſtaande vergelijkt: men zegt bijv. dat indien twee gelijke cirkels  $BAFD$ , en  $BKDEG$  elkander ſnijden, en men uit één der ſnijdings ſtippen  $B$  de raaklijn  $BF$  aan eenen der cirkels trekt, vervolgens in denzelven den boog  $BKDEG$  gelijk neemt aan den boog  $BAF$  dien de gemelde raaklijn van den anderen cirkel aſſnijdt, en eindelijk de choorde  $BD$  trekt; dat dan de kromlijnige hoek  $FABKD$  gelijk is aan den regtlijnigen hoek  $FBG$ : want, zegt men, de gemelde kromlijnige hoek  $FABKD = FAB + \angle FBKD$ . Maar  $FAB = BKDEG$ ; dus kromlijnige hoek  $FABKD = BKDEG + FBKD = \angle FBG$ : doch het blijkt, naar ons inzien, duidelijk, dat men dan niet, zoo als behoorde, de enkele helling van den omtrek, of van den boog  $FAB$ , op den boog  $BKD$  vergelijkt met de helling van den lijn  $FB$  op de lijn  $GB$ : maar ſtilzwijgend de ruimte door de bogen  $FAB$  en  $BKD$  bevat, met de ruimte tusſchen de regte lijnen  $BG$ ,  $BF$  en de bogen  $FD$ ,  $DEG$  begrepen. Wel is waar dat indien men uit  $B$  de raaklijn  $BI$  op den boog  $BA$  trekt, de regtlijnige hoek  $IBF$  door de twee tangenten gevormd wordt: maar de helling van  $IB$  op  $BF$  is niet vergelijkbaar met die van boog  $FAB$  op den boog  $BKD$ .

*VISTA Oper. p. 368.*

## II. A F D E E L I N G.

### OVER DE HOEKEN IN DEN CIRKEL.

#### V. VOORSTEL. Fig. 115 a, b.

Een hoek  $[GCF]$  in het middelpunt is het dubbeld van den hoek  $[GLF]$  in den omtrek, die op den zelfden boog  $[GF]$  staat.

EUCL. III, 20. — St. III, 10.

BEREIDING. Men trekt uit den top. I, de middellijn  $ICL$ .

BEWIJS. Uit I. 15 en 27, op den driehoek  $ICG$  en dan wederom op den driehoek  $ICF$  toegepast. Men neemt vervolgens de som of het verschil der hoeken  $LCF$  en  $LCG$ ,  $LIF$  en  $LIG$ , naar mate de lijn  $IL$  binnen of buiten den hoek  $FCG$  valt.

#### I. GEVOLG.

Alle hoeken in den omtrek, die op den zelfden boog rusten, zijn gelijk.

EUCL. III, 21. — St. III, 11. — L. G. II, 18. Cor. 1.

#### II. GEVOLG.

De som of het verschil van twee hoeken in den omtrek is de helft van de som of het verschil van twee hoeken in het middelpunt, die op de zelfde bogen rusten.

#### III. GEVOLG. Fig. 115 b.

De som der hoeken  $[FIG]$  en  $[FLG]$ , die, in den omtrek, op bogen rusten welke te samen den geheelen omtrek uitmaken, zijn gelijk aan twee rechte hoeken: en de som der hoeken, welke op bogen rusten die te samen den halven omtrek uitmaken, zijn gelijk aan éénen rechten hoek; en omgekeerd.

#### IV. GEVOLG.

Op dat de omtrek eens cirkels door vier stippen zoude kunnen gaan, moeten dezelve zoo gelegen zijn, dat wanneer men ze met lijnen vereenigt, de som der twee hoeken  $[FIG]$  en  $[FLG]$ ,  $[IFL]$  en  $[IGL]$  die over elkan-

der

det staan, gelijk zij aan twee rechte hoeken. Zie verder hier onder Voorst. XII. Aanm. 4.

VI. VOORSTEL. Fig. 117.

In den zelfden cirkel, of in gelijke cirkels, rusten gelijke hoeken, het zij alle in het middelpunt [DCB, BCA] het zij alle in den omtrek, op gelijke bogen AHB, BID: en omgekeerd.

EUCL. III. 26, 27. — L. G. II. 11.

BEREIDING. Men trekke de choorden DB, BA.

BEWIJS. VOOR HET I. Uit I. 21. volgt  $BD = BA$ : en dus, vermits A op D valt, indien B op B en AB langs BD geplaatst wordt, zullen ook, wegens de gelijkheid der stralen, de bogen DIB en BHA op elkander vallen en gelijk zijn.

VOOR HET II. Uit het ongerijmde, door het I.

I. GEVOLG.

Een hoek, of in den omtrek, of in het middelpunt, die op eenen dubbelden, drievoudigen boog enz. staat, is dubbeld, drievoudig enz. van den hoek die in den zelfden, of in eenen gelijken cirkel, het zij in den omtrek, het zij in het middelpunt, op den enkelen boog staat; en omgekeerd.

II. GEVOLG.

In den zelfden cirkel staat de grootste hoek, het zij in het middelpunt, het zij in den omtrek, op den grootsten boog.

III. GEVOLG.

De hoek, die in het middelpunt recht is, rust op eenen boog die het vierde gedeelte is van den omtrek des cirkels.

IV. GEVOLG. Fig. 117.

De bogen, die tuschen evenwijdige choorden [KL, MN] begrepen zijn, zijn gelijk, en omgekeerd. (uit I. 7. en dit Voorstel).

L. G. II. 16.

## V. GEVOLG.

Uit het bewijs van ons voorstel blijkt, dat, wanneer in éénen en den zelfden cirkel twee choorden gelijk zijn, de bogen welke zij bespannen ook gelijk zijn; en het omgekeerde volgt even gemakkelijk.

EUCL. III. 29. — St. III. 16. — L. G. II. 4.

I. AANMERKING. Op dit Gevolg en op het 3. rust het bewijs der oplossing van het 8 en 9. Werkstuk in het V. Boek.

## VI. GEVOLG.

Ook volgt hieruit, dat de choorde eens grooteren boogs grooter is dan die van een' kleineren boog.

EUCL. III. 28. — L. G. II. 5.

II. AANMERKING. Men kan het 10. Werkstuk van het II. Boek oplossen.

## VII. VOORSTEL. Fig. 118.

Een hoek  $[ABD]$  in den halven cirkel geplaatst is regt: een hoek  $[ABG]$  die in een kleiner cirkelstuk staat is grooter dan regt: een hoek  $[ABL]$  die in een grooter cirkelstuk staat is kleiner dan regt.

EUCL. III. 31. — St. III. pr. 18. — L. G. II. 18. Cor. 2, 3, 4.

BEREIDING. Zij  $BCF$  eene middellijn; trek  $AG$ ,  $AL$ .

BEWIJS. 1°. Uit Voorst. V. en I. 3.

2°. Om dat  $\angle ABG > \angle ABD$ .

3°. Om dat  $\angle ABL < \angle ABD$ .

I. AANMERKING. Het blijkt uit het 2. gevolg van de VII. bepaling, dat men dit Voorstel aldus zoude kunnen uitspreken.

„ Een hoek in den omtrek is regt, of kleiner, of grooter, dan regt, naar mate hij staat op den halven omtrek, of op eenen boog die kleiner, of op eenen boog die grooter is dan de halve omtrek ”

II. AANMERKING. Het bewijs van het eerste lid wordt gemakkelijker, met de middellijn  $AD$  te beschouwen als bespannende den halven omtrek; en dus den hoek  $ABD$  als de helft van den hoek die de lijnen  $AC$  en  $CD$  maken, of de helft van twee regten; en dus gelijk eenen regten.

III. AANMERKING. Door het I. gedeelte bewerkt men de 2. Op.

Oplossing van het 4. Werkstuk in het I. Boek. Men kan thans ook oplossen; het 6, 7, 9, 26, 27. Werkstuk van het II. Boek: het 1 (2. Oplossing) en 12 en 13. van het V. Boek: die alle voorenderstellen dat men weet dat de hoek in den halven cirkel regt is.

IV. AANMERKING. Dit Voorstel, dat de hoek in den halven cirkel regt is, wordt door DIOGENES LAËRTIUS aan THALES toegeschreven; en daarop rust een gemakkelijk middel, om eenen *winkelhaak* te beproeven: men stelle den top in den omtrek eens cirkels, en keere een van deszelfs beenen zoo dat het valle op het stip waarin de middellijn den omtrek snijdt: zoo dan het ander been juist door het ander uiteinde der middellijn gaat, d. i. door het stip waar die middellijn den omtrek snijdt, is de *winkelhaak* nauwkeurig: anders niet. Dit middel is gemakkelijker dan het geen dat wij in II. 16. Aanm. 3. opgegeven hebben.

VIII. VOORSTEL. Fig. 119.

De hoek [DAB of DAF] welke de raaklijn [AB of AF] met de choorde [AD] maakt die uit het stip van aanraking [A] getrokken wordt, is gelijk aan den hoek [AID, of AHD] die geplaatst is in het overhandsche cirkelstuk [DEIA of DHA] door die choorde gemaakt.

EUCL. III. 32. — St. III. pr. 20. — L. G. II. 19.

BEREIDING Zij ECA eene middellijn, dus  $\perp$  op FAB; trek ED, AH, DH.

BEWIJS. Uit de beschouwing dat  $\angle EDA$  regt is (door het VII. Voorstel): dus dat ook  $\angle DEA$ , en  $\angle EAD$  te samen regt zijn, zoo wel als  $\angle EAD$  en  $\angle DAB$  te samen. Waaruit het besluit voor  $\angle AED$  waar aan (Voorst. VI.)  $\angle AID$  gelijk is, volgt.

Voor den hoek FAD, uit de beschouwing dat (Voorst. V. Gev. 3)  $\angle AID + \angle AHD = 2L = \angle FAD + \angle DAB$ .

AANMERKING. Hierop steunt de bewerking van het 5 en 6. Werkstuk van het V. en het 1. van het VI. Boek.

### III. A F D E E L I N G.

OVER DE LIJNEN DIE ZICH IN DEN CIRKEL  
SNIJDEN, OF DOOR DEN OMTREK GESNE-  
DEN WORDEN.

#### IX. VOORSTEL. Fig. 122.

Indien eene middellijn  $[PK]$  eene choorde  $[LH]$  in twee gelijke deelen snijdt, snijdt zij dezelve loodregt; en omgekeerd; zoo eene middellijn loodregt op eene choorde staat, snijdt zij dezelve en den bespannen boog in twee gelijke deelen. Doch twee choorden  $[BE, AD]$  kunnen elkander nimmer zoodanig snijden, dat zij daar door beide in twee gelijke deelen verdeeld zijn.

EUCL. III. 3, 4. — St. III. pr. I. en 2. Gev. — L. G. II. 6.

BEREIDING VOOR HET I. GEDEELTE: trek  $LC, HC$ :

VOOR HET II. trek  $CF$ .

• BEWIJS VOOR HET I. uit I. 26. *Voor het omgekeerde* uit I. 27. en 22.

VOOR HET II. GEDEELTE uit de ongerijmdheid waarin men vervalt met het tegendeel te stellen: want dan moest, door het eerste gedeelte, zoo wel  $\angle AFC$  als  $\angle BFC$  regt zijn, dat onmogelijk is.

#### GEVOLG.

Zoo eene choorde op eene andere choorde loodregt valt, en haar tevens in twee gelijke deelen snijdt, gaat zij door het middelpunt, en is eene middellijn.

AANMERKING. Door dit Voorstel lost men het 1, (1. Oplossing) het 2 en 10 Werkstuk van het V. Boek op.

#### X. VOORSTEL. Fig. 120.

Indien men binnen den cirkel eenig stip  $[A]$  buiten het middelpunt  $[C]$  neemt, en daaruit verscheide lijnen  $[AB, AG, AD, AE, AH]$  naar den omtrek trekt, zal het volgende plaats hebben.

1°. De grootste van allen is die  $[AD]$ , welke door het middelpunt gaat.

2°.

*III. Afd. : Over de snijding der lijnen in of door den cirkel. 215*

2°. De kleinste is het overig gedeelte [AF] van de middellijn.

3°. De lijnen [AG, AB, enz.] zullen des te kleiner zijn, naar mate zij verder van de middellijn af, of van het middelpunt verwijderd, zijn.

4°. Uit het zelfde stip [A] kunnen twee lijnen [AG, AE] getrokken worden, en niet meer dan twee, welke gelijk aan elkander zijn: de eene zal aan den eenen, de andere aan den anderen kant van de middellijn vallen, en zij zullen met dezelve gelijke hoeken [DAG en DAE] maken, of even ver van het middelpunt af zijn.

5°. Eindelijk, al het zelfde zal insgelijks plaats hebben (uitgezonderd N°. 2.), indien het stip A op den omtrek zelven valt.

EUCL. III. 7. — St. III. pr. 3.

VOOR I EN II. BEREIDING: Men trekt de stralen CG, CB, CE, CH:

BEWIJS. Uit de V. Bepaling en het XXIII. Voorstel van het I. Boek,

VOOR HET III. BEREIDING: Men trekt CL ⊥ op AG en CO ⊥ op AB:

BEWIJS. 1°. Voor de  $\Delta\Delta$  ABC, en ACG uit I. 23 volgt  $AG > AB$ : en dan 2°. uit I. 17. om te toonen dat CN en dus CO  $>$  CL.

VOOR HET IV. BEREIDING. Stel GIE ⊥ op AD: trek AE, en dan CM ⊥ op AE:

BEWIJS. In  $\Delta\Delta$  GAI en IAE is  $\angle GAD = \angle DAE$ : uit onderst., het IX. Voorstel, bereid. en I. 21. en in  $\Delta\Delta$  CAM en CAL is  $CM = CL$ .

Dat er geen andere lijn dan AE, getrokken kan worden, die gelijk is aan AG, blijkt uit N°. 3.

N°. 5. volgt van zelf.

GEVOLG.

Indien er uit eenig stip, binnen den cirkel, tot aan den omtrek meer dan twee lijnen getrokken kunnen worden, die gelijk zijn aan elkander, is dat stip het middelpunt van den cirkel.

EUCL. III. 9. — St. III. 3. Gev. 2.



XI. VOORSTEL. Fig. 121.

Indien men uit eenig stip [A] buiten den cirkel eenige lijnen naar den omtrek trekt, zal het volgende plaats hebben:

1°. De langste van allen, die den cirkel snijden, en binnen in den omtrek komen, is die [AD] welke door het middelpunt gaat: de overige zullen des te korter zijn, naar mate zij grootere hoeken met de middellijn maken, of verder van het middelpunt af zijn.

2°. De kortste van allen die slechts tot aan den omtrek komen, is die [AF] welke, verlengd zijnde, door het middelpunt gaat: en de overige zullen des te langer zijn, naar mate zij grootere hoeken met de middellijn maken, of verder van het middelpunt af zijn.

3°. Men kan, het zij tot binnen, het zij tot buiten den omtrek, slechts twee lijnen uit het zelfde stip [A], trekken, die aan elkander gelijk zijn, en deze zullen, de eene aan den eenen, de andere aan den anderen kant van het middelpunt vallen, en even ver van het zelve af zijn, of gelijke hoeken met de middellijn maken.

Eucl. III. 8. — St. II. pr. 4.

BEREIDING. Voor I en II. Trek de stralen CG, CQ, CB, CP en verder CO  $\perp$  op BA, CL  $\perp$  op GA.

BEWIJS. Uit I. Bep. 5. en Voorst. XIX. op  $\Delta$  GCA toegepast, is  $AD > GA$ .

Uit I. 23. op  $\Delta$  GCA en BCA toegepast, is  $GA > BA$ .

Uit I. 19. op  $\Delta$  CQA toegepast, is  $AQ > AF$ .

Uit I. 20. op  $\Delta$  CQA en CPA toegepast, is  $PA > AQ$ .

Uit I. 17. is  $CN > CL$ : dus  $CO > CL$ .

BEREIDING voor het III. Zij GIE  $\perp$  op AD: trek EA, CE, en CM  $\perp$  op EA.

BEWIJS. Door Voorst. IX.  $BI = IG$ : en in  $\Delta$  EIA en IAG is I. 21.  $AE = AG$ ;  $\angle EAD = \angle DAG$ , en  $CM = CL$ .

I.

**I. GEVOLG.**

Van alle de choorden die in den cirkel getrokken kunnen worden, is de middellijn de grootste.

EUCL. III. 15. — St. III. pr. 8. — L. G. II. 2.

**I. AANMERKING.** Dit kan ook onmiddellijk bewezen worden uit de V. Bep. en het XVII. Voorstel uit het I. Boek.

**II. AANMERKING.** Men kan thans het 3 en 4 Werkstuk uit het V. Boek oplossen.

**II. GEVOLG.**

De choorden, die even ver van het middelpunt afstaan, zijn gelijk.

EUCL. III. 14. — St. III. pr. 7. — L. G. II. 2.

**III. GEVOLG.**

Van alle de lijnen die tot den bollen omtrek komen, is de raaklijn de grootste: doch zij is de kleinste van alle, die tot den hollen omtrek komen.

**IV. GEVOLG.**

Van eenig stip buiten den cirkel kunnen tot denzelven twee raaklijnen [AT, AU] getrokken worden: deze zullen onderling gelijk zijn; en de grootste zijn van alle de lijnen die tot het holle, doch de kleinste van allen die tot het bolle van den omtrek getrokken kunnen worden.

**III. AANMERKING.** Het zelfde zal in het 2. Gevolg van het XX. Voorstel op eene andere wijze bewezen worden. Men kan het ook onmiddellijk bewijzen uit het IV. Voorstel van dit, en het Gevolg van het XXV. Voorstel in het I. Boek.

**V. GEVOLG.**

Uit een stip buiten den cirkel kan men maar twee lijnen naar den omtrek trekken, die gelijk aan elkander zullen zijn.

**IV. AANMERKING.** Indien men dit Voorstel met het voorgaand vergelijkt, zal men zien, dat zij in de daad slechts één éenig Voorstel uitmaken; en dat het verschil alleen in de plaatsing van het stip A bestaat.

## XII. VOORSTEL. Fig. 123.

Twee Choorden  $[AD, BE]$ , die zich naar welgeval-  
len snijden [in  $F$ ], snijden zich zoo, dat de regthoek uit  
de deelen  $[AF, FD]$  van de eene, gelijk is aan den regt-  
hoek uit de deelen  $[BF, FE]$  van de andere.

ANMERK. III. 36. — St. III. pr. 23. — L. G. III. 28. Cor.

EERSTE BEWIJS. Uit de eigenschappen der regthoekige drie-  
hoeken ondeend.

BEREIDING. Trek door  $F$  en het middelpunt  $C$  de middel-  
lijn  $NCFG$ : vervolgens  $CD$ ; en  $CH \perp$  op  $AD$ .

BEWIJS. Uit het IV. Voorstel van dit Boek, en II. 16. het  
4. Gevolg, is in de  $\Delta\Delta CDH$ , en  $CFH$ .

$\square$  op  $CD$  —  $\square$  op  $CF \propto \square$  op  $HD$  —  $\square$  op  $HF$   
waaruit, door de gelijkheid der stralen  $CD, CN, CG$  en  
door het X. Voorstel van het II. Boek, regthoek uit  
 $NF$  en  $FG \propto$  regthoek uit  $AF$  en  $FD$ . Men bewijst  
het zelfde voor den regthoek uit  $BF$  en  $FE$ : waaruit het  
voorstel volgt.

TWEEDE BEWIJS. Uit de gelijkvormige driehoeken.

BEREIDING. Men trekt  $AB$  en  $DE$ .

BEWIJS. Uit het 1. Gevolg van het V. Voorstel, is  $\Delta ABF$   
 $\sim \Delta FDE$ : en dus uit IV. 2.

$$AF:BF = FE:FD:$$

en dus uit IV. 9. het 3. Gevolg:

regthoek uit  $AF$  en  $FD \propto$  regthoek uit  $BF$  en  $FE$ .

I. AANMERKING. Dit voorstel, aldus bewezen, levert ook een  
bewijs op van het X. Voorstel uit het IV. Boek.

II. AANMERKING. Het voorstel is algemeen: doch wanneer er  
voor de choorden die zich snijden, bijzondere omstandig-  
heden bijkomen, zullen er ook uit het Voorstel eenige bij-  
zondere gevolgen getrokken kunnen worden: zoo als blijv.  
wanneer de choorden elkander regthoekig snijden: en in  
dat geval is of eene derzelve de middellijn, het geen de  
stof van het XIII. Voorstel en zijn Gevolg oplevert: of zij  
zijn beide choorden, maar die regthoekig gesneden wor-  
den: en dit is het geval van het XIV. Voorstel.

## I. GEVOLG.

De deelen van eene choorde zijn altijd wederkerig, als  
de

de deelen van eene andere choorde, die de eerstgemelde snijdt: d. i.

$$AF: BF = FE: FD.$$

III. AANMERKING. Indien men het eerste bewijs van het Voorstel gebruikt, volgt dit gevolg uit het Voorstel, door IV. 9. het 3. Gevolg.

Maar indien men het tweede bewijs gebruikt, is dit gevolg minder een gevolg van het Voorstel, als de uitdrukking in woorden van dat gedeelte van het bewijs zelf, waaruit het Voorstel wordt afgeleid.

## II. GEVOLG.

Op dat er een cirkel door vier gegeven stippen A, B, D, E getrokken zoude kunnen worden, moeten de zelve zoodanig geplaatst zijn, dat de lijnen die ze vereenigen zich in wederkerige rede snijden, of dat

$$AF: BF = FE: FD.$$

IV. AANMERKING. Men kan dus niet altijd eenen cirkel door vier gegeven stippen trekken, daar zulks voor drie stippen, mits zij niet in ééne regte lijn liggen, altijd mogelijk is, zoo als wij dat in het II. Voorstel bewezen hebben. Zie ook hier boven V. Voorstel, Gev. 4.

## XIII. VOORSTEL. Fig. 124.

Indien er uit eenig stip [B] van den omtrek eene lijn [BF] loodregt op de middellijn getrokken wordt, zal het vierkant van die lijn gelijk zijn aan den regthoek uit de deelen [AF, FD] van de middellijn; en dus zal ook die lijn middel-evenredig zijn tusfchen de gemelde deelen, d. i.

□ op BF ∞ regthoek uit AF, FD: en (IV. 9. Gev. 3.)  
 $AF: BF = BF: FD.$

BEREIDING. Trek BA, BD.

BEWIJS. Uit het VII. Voorstel, II- 18.

I. AANMERKING. Het zelfde kan uit het VII. Voorstel van dit Boek, en het XV. van het IV. Boek onmiddellijk bewezen worden.

II. AANMERKING. Hierop rusten de oplossingen van het 3, 7, 8. 9. Werkstuk van het III: de 3. oplossing van het 16, en het 29 van het II.

III. AANMERKING. Indien dan het deel AF, *m* malen het  
 deel

deel  $FD$  bevat, of  $AF = m \times FD$ : is  $\square$  op  $BF \propto m \times \square$  op  $FD$ , en  $\square$  op  $BD = \square$  op  $FB + \square$  op  $FD \propto m \square$  op  $FD + \square$  op  $FD = m + 1 \times \square$  op  $FD$ : dat is: het vierkant op de choorde  $BD$  bevat zoo vele malen het vierkant van  $FD$ , als er in de middellijn  $AD$  deslen gelijk aan  $FD$  genomen worden.

### I. GEVOLG.

Die zelfde lijn  $[BF]$ , eene loodlijn namelijk op eene middellijn, is altijd zoodanig gesteld dat het vierkant op dezelve gelijk is aan het verschil der vierkanten op den radius, en op het deel van de middellijn dat tusschen het middelpunt en die loodlijn begrepen is, d. i.

$$\square \text{ op } BF \propto \square \text{ op } CD - \square \text{ op } CF.$$

Uit het voorgaand Gevolg, en II. 14. in aanmerking nemende dat  $FD = CD + FC$ , en  $AF = CD - FC$ , Het zelfde kan onmiddelijk uit II. Gev. 1. worden afgeleid.

### II. GEVOLG.

Dit Voorstel en het I. Gevolg, namelijk dat  $\square$  op  $BF \propto$  regthoek uit  $AF$  en  $FD$ ,  $\propto \square$  op  $CD - \square$  op  $CF$ , zijn ook omgekeerd waar: namelijk, zoo eenige kromme lijn  $ABD$  zoodanig gesteld is, dat men voor ieder stip van die lijn hebbe  $\square$  op  $BF \propto$  regthoek uit  $AF$ ,  $FD$ , of  $\propto \square$  op  $CD - \square$  op  $CF$ , dan is die lijn de omtrek eens cirkels waarvan  $AB$  de middellijn is.

PAPPUS, *Coll. Mathem.* VII. 168.

IV. AANMERKING. Het voorgaande gevolg levert op het geen de hedendaagsche Wiskunstenaars noemen de *Vergelijking* (*Aequatio*) van den cirkel, of in het algemeen van eene kromme lijn. De lijn  $[AD]$ , wier rigting gegeven is, wordt *as*, of *middellijn*, genoemd: men noemt het stip  $A$  of  $C$ , uit het welk men de stukken  $AF$ , of  $CF$  der middellijnen of assen, *afgesnedenen* of *abscissen* (*abscissae*) geheten, begint te nemen, den *oorsprong* der *afgesnedenen*, of *abscissen*; en de lijnen  $BF$  noemt men *toegepasten*, of *ordinaten*, (*ordinatae*, *applicatae*).

De kromme lijn is dan bepaald zoodra de betrekking die er bestendig tusschen de *afgesnedenen* en *toegepaste* lijnen

### III. Afd.: Over de snijding der lijnen in of door den cirkel. 221

nen plaats heeft, bekend is. Voor den cirkel wordt die betrekking uitgedrukt door

□ op B F ∞ regthoek uit A F, F D, of ∞  
regthoek uit A D, F D — □ op F D.

noemende dan B F,  $y$ ; F D,  $x$ ; A D,  $2a$ ;  
en in acht nemende het geen wij IV. 9. het 5. Gevolg en  
5. Aanm. gezegd hebben, is

$y^2 = (2a - x)x = 2ax - x^2$  de vergelijking die den  
aard der cirkels aanduidt: of ook, stellende C F =  $x$ ,  
dat is, de *abscissen*, niet uit het uiteinde der middellijn,  
maar uit het middelpunt nemende, is  $y^2 = a^2 - x^2 =$   
 $(a + x)(a - x)$  de vergelijking van den cirkel.

V. AANMERKING. Wij hebben in de 2. Aanmerking op het  
1. Gev. IX. Voorstel van het IV. Boek gezegd, wat de Ouden  
door *vlakke plaatsen* of *vlakke werkstukken* verstaan: zij  
zijn namelijk die, waarin het gevraagde getal zoo wel in  
het vierkant als door een ander, doch *gegeven*, getal ge-  
multipliceerd voorkomt: en het is door dit Voorstel dat zij  
dezelve geometrisch oplossen: immers kan men alle die  
Vraagstukken, of, zoo als men het nu noemt, alle die  
*vergelijkingen van den tweeden graad* tot deze twee  
herleiden.

I.  $x^2 \pm ax = b^2$ . II.  $x^2 \pm ax = -b^2$ .

VOOR HET I. Stel [Fig. 125.] G C =  $\frac{1}{2}a$ , I G =  $b$  regthoe-  
kig op D C: beschrijf uit C, als middelpunt met den ra-  
dius C I den cirkel D I F, die de verlengde lijn C G in  
D en F snijdt. Dan is de lijn D G het getal  $x$  dat de  
vergelijking  $x^2 + ax = b^2$ : en de lijn G F het getal  $x$   
dat de vergelijking  $x^2 - ax = b^2$  oplost.

Verder zij H F = D G: dan is D G = H F = G F —  
G H = G F —  $a$ .

Want: D C =  $\frac{1}{2}a + D G$ ; D F =  $a + 2 D G$ ;  
G F =  $a + D G$ .

Indien men dan voor de vierkanten de tweede magten,  
en voor de regthoeken het multiplicatie-teeken gebruikt,  
het geen geschieden kan, zoo als wij zulks in IV. 9.  
Gev. 5. getoond hebben: is

$$I G^2 = b^2 = D G \times G F = D G \times (a + D G) = D G^2 + a \times D G.$$

dat is  $x^2 + ax = b^2$ .

en

en

$$\overline{IG}^2 = b^2 = DG \times GF = GF \times (GF - a) = \overline{GF}^2 - a \times GF:$$

dat is  $x^2 - ax = b^2$ .

voor HET II. Stel (Fig. 126.)  $AC = \frac{1}{2} a$ : beschrijf uit C met AC den cirkel ADB: stel  $AE = b$  loodregt op AB: zij ED // AB: en DF  $\perp$  op AB: dus  $CB = -\frac{1}{2} a$ ;  $DF = EA = b$ : dan is  $\overline{FC}^2 = \overline{DC}^2 - \overline{DF}^2 = \frac{1}{4} a^2 - b^2$ ; dus  $BF = CB + CF = -\frac{1}{2} a + \sqrt{\frac{1}{4} a^2 - b^2}$ .

waar uit volgt:

1°.  $\sqrt{\frac{1}{4} a^2 - b^2} = BF + \frac{1}{2} a$ , en dus  $\frac{1}{4} a^2 - b^2 = \frac{1}{4} a^2 + a \times BF + BF^2$  of  $BF^2 + a \times BF = -b^2$  en dus voldoet BF aan het getal  $x$  dat de vergelijking  $x^2 + ax = -b^2$  oplost

2°.  $AF = AC - FC = \frac{1}{2} a - \sqrt{\frac{1}{4} a^2 - b^2}$  en dus  $\sqrt{\frac{1}{4} a^2 - b^2} = \frac{1}{2} a - AF$ : en dus  $\frac{1}{4} a^2 - b^2 = \overline{AF}^2 - a \times AF + \frac{1}{4} a^2$

en dus  $\overline{AF}^2 - a \times AF = -b^2$  dus voldoet AF aan het getal  $x$  dat de vergelijking  $x^2 - ax = -b^2$  oplost.

Men ziet dan dat er, om die vergelijkingen door de Meekunst op te lossen, niets anders vereischt wordt, dan dat eene lijn een getal  $\frac{1}{2} a$  uitdrukke, en eene andere de wortel  $b$  uit een getal  $b^2$ , dat men als een vierkant getal, meetbaar of onmeetbaar, beschouwt: het eerste valt in het oog: het tweede insgelijks, zoo  $b^2$  een vierkant getal is; zoo niet, kan men  $b^2$  behandelen als een product van twee getallen  $m$  en  $l$ , voor een derzelve, zoo dit noodig is, de eenheid stellende: die getallen  $m$  en  $l$  kunnen door lijnen worden uitgedrukt, en de lijn middel evenredig tusschen dezelve is de gezochte lijn  $b$ .

De Heer KOENIG herleidt het geen wij nu gezegd hebben tot de 28 en 29 propositie van het VI Boek van EUCLIDES: en in de daad, daar men hier  $x$  vinden moet, zoekt men, volgens de lijn  $a$ , eenen regthoek  $(a + x) x$  te plaatsen, gelijk aan eenen gegeven regthoek  $b^2$ , en wiens

wiens basis  $(a \pm x)$  grooter of kleiner dan de gegeven lijn  $a$  is: waarop de gemelde propositiën van EUCLIDES neerkomen.

XIV. VOORSTEL. Fig. 127.

Indien twee choorden elkander regthoekig snijden, zal de som van de vierkanten der deelen  $[\square \text{ op } AF + \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FD + \square \text{ op } FE]$  gelijk zijn aan het vierkant van de middellijn.

AANMERKING. Dit kan op verscheiden wijzen bewezen worden.

BEREIDING. Trek  $BD$ ,  $DE$ , vervolgens door het middelpunt  $C$ ,  $BCI$ , en eindelijk  $BA$ ,  $AI$ ,  $ID$ .

I. BEWIJS. Uit dit Voorstel is  $AF:BF \equiv FE:FD$ : gevolg, gelijk is uit III. 10. Gev. I. en Voorstel XIV. Gev. I.  $\square \text{ op } AF: \square \text{ op } BF = \square \text{ op } FE: \square \text{ op } FD$ , waaruit, door samentelling, verwisseling en wederom door samentelling der reden volgt

$$\square \text{ op } AF + \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FE + \square \text{ op } FD: \square \text{ op } FE + \square \text{ op } FD = \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FD: \square \text{ op } FD: \text{ of (II. 16.)}$$

$$\square \text{ op } AF + \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FE + \square \text{ op } FD: \square \text{ op } ED = \square \text{ op } BD: \square \text{ op } FD.$$

Maar  $\triangle FDE \sim \triangle IBD$ ; want

$$\angle FED = \angle BID \text{ (Voorst. V. Gev. 1.)}$$

$$\text{En } \angle EFD = \angle = \angle BDI \text{ (Voorst. VII.) dus (IV. 25.)}$$

$$\square \text{ op } FD: \square \text{ op } BD = \square \text{ op } ED: \square \text{ op } BI: \text{ en dus (III. Axioma 4.) } \square \text{ op } BI = \square \text{ op } AF + \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FE + \square \text{ op } FD.$$

II. BEWIJS. Men kan ook dit gevolg bewijzen door het voorstel van PYTHAGORAS (II. 16.). Men trekt als dan  $CB$ ,  $CD$ ,  $CE$ ,  $CA$  en de loodlijnen  $CL$ ,  $CM$ . Men neemt door II. 16, in de  $\triangle\triangle BCL$ ,  $ECL$ ,  $ACM$ , en  $MCD$ , de waarde der vierkanten op  $CB$ ,  $CD$ ,  $CE$ ,  $CA$ : de som van die vier vierkanten is gelijk aan  $4 \square \text{ op } CB$ ,  $= \square \text{ op } BI$ : en de som der gevonden waarden door II. 16. en II. 4. ontwikkelende vindt men dezelve gelijk aan  $\square \text{ op } AF + \square \text{ op } BF + \square \text{ op } FE + \square \text{ op } FD$ .

III.



III. BEWIJS. Men kan het ook bewijzen uit de beschouwing dat (V. Voorstel, Gevolg 3.) daar  $\angle ABE + \angle BAF = L$ , de bogen  $AE + BD$  den halven omtrek uitmaken: insgelijks ook de bogen  $AB + ED$ : dat dus boog  $AI =$  boog  $ED$ ; maar  $\angle BAI = L$  (VII. Voorstel) dus (II. 16.)  $\square$  op  $BI \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $AI \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $ED$ : waaruit, door II. 16, het Voorstel volgt.

AANMERKING. Het derde bewijs is het kortste, en eenvoudigste.

II. AANMERKING. Dit Voorstel is het XI. van de *Lemmata* van ARCHIMEDES.

#### XV. VOORSTEL. Fig. 124.

De vierkanten der choorden  $[AB, AE]$  uit de uiteinden eener middellijn getrokken, staan tot elkander als de stukken  $[AF, AP]$  op de middellijn afgesneden door de loodlijnen  $[BF, EP]$  uit de uiteinden der choorden daar op neergelaten.

VIVIANI *Divinatio de locis solidis*, pr. 9.

BEWIJS. Uit Voorstel VII. en II. 18.

GEVOLG.

$\square$  op  $AB : \square$  op  $BD = AF : FD$ .

AANMERKING. Deze eigenschap geeft een gemakkelijk middel om, twee lijnen gegeven zijnde, twee vierkanten te maken welke de zelfde rede tot elkander hebben als die lijnen: zij bijv.  $AF = \frac{1}{3} FD$ : dan is  $\square$  op  $AB = \frac{1}{3} \square$  op  $BD$ .

Zie PAPPUS *Coll. Mathem.* V. 5. en VIII. 6.

AANMERKING. Hier door kan men ook het Gevolg van het 1. Werkstuk des IV. Boeks oplossen.

#### XVI. VOORSTEL. Fig. 132.

Indien men van de uiteinden A, en B van de middellijn naar twee of meerder stippen  $[D$  en  $E]$  in den omtrek lijnen  $[AD$  en  $DB, AE$  en  $EB]$  trekt, zullen de sommen der vierkanten op de lijnen naar het zelfde stip getogen onderling gelijk zijn.

Het zelfde heeft plaats al worden de lijnen niet van de uiteinden der middellijn, maar uit twee stippen  $[I, K]$  op gelijke afstanden van het middelpunt, getrokken.

WILSON *Elem. of Geom.* III. B. pr. 20.

### III. Afd.; Over de snijding der lijnen in of door den cirkel. 225

BEWIJS. Voor het I. Uit II. 16, vermits door Voorstel VII. van dit Boek  $\angle ADB$  en  $\angle AEB$  regt zijn.

Voor het II. Men laat de  $IL$   $DO$  en  $EP$  op de middellijn vallen. Dan is II. 19.

$\square$  op  $ID \propto \square$  op  $AD - \square$  op  $AI - 2$  Rh. uit  $AI . IO$   
 $\square$  op  $KD \propto \square$  op  $BD - \square$  op  $KB - 2$  Rh. uit  $KB . KO$   
 derhalve  $\square$  op  $ID + \square$  op  $KD \propto \square$  op  $AD + \square$  op  $DB -$   
 $\square$  op  $AI - \square$  op  $KB - 2$  Rh. uit  $AI . IO - 2$  Rh. uit  $KB . KO$   
 dat is, om dat  $AI = KB$ , en uit II. 16.

$\square$  op  $ID + \square$  op  $KD \propto \square$  op  $AB - 2$  Rh. uit  $AI$  en  
 $[AI + IO + KO]$

$\propto \square$  op  $AB - 2$  Rh. uit  $AI$  en  $AK$ .

Insgelijks  $\square$  op  $AE + \square$  op  $EB \propto \square$  op  $AB - 2$  Rh. uit  
 $KB$  en  $BI$ :

derhalve, om dat  $AI = KB$  en  $AK = BI$

is  $\square$  op  $ID + \square$  op  $KD \propto \square$  op  $AE + \square$  op  $EB$ .

#### XVII. VOORSTEL. Fig. 128.

Lijnen  $[FA, FE, \text{enz.}]$  uit een stip  $[F]$  buiten den cirkel, tot aan den omtrek van den cirkel getrokken, en verlengd, snijden dien omtrek zoo, dat de regthoeken uit elke geheele lijn en haar stuk dat buiten den cirkel valt  $[uit FA en FD, uit FE en FB]$  gelijk aan elkander zijn.

St. III. 24. Gev. 1. — L. G. III. 29.

EERSTE BEWIJS. Uit de eigenschappen der regthoekige driehoeken.

BEREIDING. Men trekke de stralen  $CA, CE$ ; en dan  $CM$   $\perp$  op  $AD$  en  $CQ \perp$  op  $FE$ : vervolgens door  $F$  en  $C$ , de middellijn  $FCN$ .

BEWIJS. In de regthoekige driehoeken  $CFQ$  en  $CEQ$ ,  $CFM$  en  $CAM$  is (door II. 16. het 4. Gev.)  $\square$  op  $FQ - \square$  op  $QE \propto \square$  op  $FM - \square$  op  $MA$ : waaruit, door II. 10. en het IX. Voorstel van dit Boek, het besluit opgemaakt wordt.

TWERDE BEWIJS. Uit de gelijkvormige driehoeken.

BEREIDING. Trek  $EA$  en  $BD$ .

BEWIJS. Men toont 1°. dat  $\triangle AFE \sim \triangle BDF$  vermits  $\angle EFA$  in beiden gemeen,  $\angle EAD + \angle EBD = 2$  L (V. Voorst. 3. Gev.)  $= \angle EBD + \angle DBF$ : en dus  
 $\angle EAD$

$\angle EAD = \angle DBF$ ; derhalve door IV. 2.  $FA : FE = FB : FD$ : waaruit door IV. 8. het 5. Gev. het Voorstel volgt.

I. AANMERKING. Het blijkt duidelijk, dat dit Voorstel en het XII. in de daad één en het zelfde Voorstel zijn, dat men algemeener op deze wijze zoude kunnen uitdrukken.

„Indien men twee lijnen trekt, die elkander binnen of „buiten den cirkel snijden: zijn de regthoeken der stukken van iedere lijn die tusfchen het fip daar de lijnen „elkander snijden en de beide fippen daar elke lijn den „omtrek fniijdt, onderling getijk.”

### L. GEVOLG.

De fniijlijnen worden door den cirkel in omgekeerde rede gefneden: dat is

$$AF : EF = FB : FD.$$

II. AANMERKING. Indien men het eerste bewijs gebruikt volgt dit uit het Voorstel door IV. 8, het 5. Gevolg: en zoo men het 2. Bewijs gebruikt, is het minder een Gevolg, dan de uitdrukking in woorden van dat gedeelte des bewijs waaruit het besluit wordt opgemaakt.

### II. GEVOLG. Fig. 128.

Indien het buitenfte deel  $[BF]$  van eene der lijnen  $[EF]$  middel-evenredig is tusfchen de beide deelen van eene andere  $[FA]$ : zal ook het buitenfte deel  $[FD]$  van deze middel-evenredig zijn tusfchen de beide deelen van den eerst-gemelde:

want zoo  $DF : BF = BF : AD$  door de onderftelling  
en  $DF : BF = FE : FA$  door dit Voorstel

is ook  $BF : AD = FE : FA$

of  $BF : FE = AD : FA$

en dus  $FE - BF : BF = FA - AD : AD$

of  $EB : BF = DF : AD$

$EB : DF = BF : DA$

en dus  $EB : DF = DF : BF$ .

VIETA *Operum* 242.

### III. GEVOLG. Fig. 129.

Indien de beide lijnen zoodanig getrokken worden, dat het buitenfte deel van de eerste staat tot derzelver binnenfte deel, als het binnenfte deel van de tweede tot derzelver buitenfte deel; zullen de buitenfte deelen van de eerste en van de twee-

III. Afd. : Over de snijding der lijnen in of door den cirkel. 227

tweede, twee middel-evenredige zijn tusſchen de binnenſte deelen van de tweede en eerste: want,

indien  $DK : AK = AP : HP$  is *componendo*.

$DK : DK + AK = AP : AP + HP$ , of

$DK : AD = AP : AH$ ; maar uit dit Voorſtel

$AD : AH = AP : AK$  dus

$DK : AP = AP : AK = AK : HP$ .

Of  $\therefore DK, AP, AK, HP$ .

III. AANMERKING. Indien men dan twee lijnen in den cirkel *geometriſch* zoodanig trekken kon, dat  $KD : AK = AP : HP$ , zoude het vraagſtuk om twee middel-evenredige te vinden geometriſch opgelost zijn, en het is hiertoe dat VIETA het vraagſtuk gebragt heeft: doch dit is *geometriſch* niet mogelijk. Men kan wel de zaak tot eene meer eenvoudige oplossing brengen: namelijk aldus: Fig. 129. men beſchrijve eenen cirkel waarvan de middellijn eene der gegeven lijnen is: men trekke de andere, (de kleinſte),  $HP$  in den cirkel: men verlengde dezelve zoo dat  $HL = HP$ : men trekke vervolgens  $LC$ , en  $PI \parallel LC$ , en eindelijk door het middelpunt  $C$ , de lijn  $DCKA$  zoodanig dat  $AG = KC$  worde: dan is

$AG : AP = GC : PL$ :

maar  $AG = \frac{1}{2} KD$  zoo als  $PH = \frac{1}{2} PL$ .

dus  $AG : KD = PH : PL$  en dus

$KD : AP = GC : PH$ .

maar  $AG = KC$ : dus  $GC = AK$ : dus

$KD, AP = AK : PH$ , of

$KD, AK = AP : PH$ : en derhalve

$\therefore KD, AP, AK, PH$ : maar men kan de lijn

$DCKA$  *geometriſch* niet trekken zoo dat  $AG = KC$  zij.

VIETA *Operum* p. 243.

IV. GEVOLG. Fig. 130.

Indien de hoek  $ABC$  regt is, en men den regthoek  $ADCB$  voltooit; verder door  $D$  en  $A$ , en door  $D$  en  $C$ , de lijnen  $DCG$  en  $DAF$ ; en eindelijk uit  $B$ , de ſnijlijn  $GBOF$ , zoodanig trek dat  $BG = OF$ : zullen  $AF$  en  $GC$  twee middel-evenredige tusſchen  $AB$  en  $BC$  zijn:

Want daar  $OF = BG$ , is  $OG = BF$ :

en dus

Regth.  $FD, AF \propto$  Regth.  $BF, FO \propto$  Regth.  $OG, BG$ :

$\propto$  Regth.  $DG, GC$ : en dus

1°.  $GD : FD = AF : GC$ : maar (IV. 2.)

$GD : FD = AB : FA$ : dus

2°.  $AB : FA = FA : GC$ .

3°.  $GD - AB: GD = FD - FA: FD$   
 of  $GC: GD = BC: FD$

4°. of  $GC: BC = GD: FD = FA: GC$ ;  
 derhalve uit 2°. en 4.

$AB: FA = FA: GC = GC: BC$ : en dus  
 $\therefore AB, FA, GC, BC$ .

Indien men dan,  $AB$  regthoekig op  $BC$  gesteld, en een cirkel die door de stippen  $A, B, C$  gaat, getrokken zijnde, den regthoek  $ABCD$  voltooit, en  $DA$  en  $DC$  verlengd zijnde, door het stip  $B$ , de lijn  $GBF$  zoodanig trekken kon, dat  $BG = FO$ , zoude het vraagstuk van twee middel-evenredige lijnen opgelost zijn, en het is tot die vraag dat *PHILO* van *Byzantium* het gemelde vraagstuk gebragt heeft. Zie *TACQUET* op *EUCL.* VI. 13.

### XVIII. VOORSTEL. Fig. 131.

Indien eene snijlijn  $[ABD]$  door eene middellijn  $[GCD]$  zoodanig ontmoet wordt [in  $D$ ], dat het stuk  $[BD]$  buiten den cirkel gelijk is aan den *radius* des cirkels; zal de eene boog  $[AG]$  welken de lijnen van den omtrek afsnijden het drievoud zijn van den anderen boog  $[BF]$  insgelijks door dezelve lijnen in den omtrek bepaald.

*ARCHIMEDES Lemma 8.*

**BEWIJS.** Men trekke  $GE \parallel AB$ : en de stralen  $CE$ , en  $CB$ . Dan is in  $\triangle DBC$  en  $ECG$ ,  $\angle BDC = \angle DCB = \angle CGE = \angle CEG$ : maar  $\angle DCE = 2 \angle CGE$ : derhalve  $\angle BCE = \angle BCD + \angle DCE = 3 \angle BCD$ : d. i.  $\frown BE = 3 \frown BF$ : maar  $\frown AG = \frown BE$ : derhalve  $\frown AG = 3 \frown BD$ .

**AANMERKING.** Indien men dan, de boog  $AG$  gegeven zijnde, de middellijn  $GCD$  en eene choorde  $AD$  te gelijk zoodanig kon trekken dat de omtrek de choorde  $AD$ , door de ontmoeting der middellijn bepaald, zoodanig sneedt in  $B$  dat  $BD = CB$ , zoude het beroemd vraagstuk om eenen gegeven boog, of hoek, in drie gelijke deelen te snijden opgelost zijn

### XIX. VOORSTEL. Fig. 155.

Indien men op den *radius*  $[CH]$  van eenigen cirkel een stip  $[I]$  neemt, en op den zelven verlengd, een ander stip  $[A]$  buiten den cirkel, zoodanig gesteld, dat de *radius* des cirkels middel-evenredig zij tuschen de afstanden  $[CI, CA]$  des middelpunts van het eerste en van het tweede stip; indien men verder uit het laatstgemelde eene snijlijn trekt, zal men hebben

$GI$  [of  $gI$ ]:  $GA$  [of  $gA$ ] =  $HI$ :  $HA$ .

*L. G. III. 24.*

BEREIDING. Men trekke de stralen  $CG$ ,  $Cg$ .

BEWIJS. Om dat 1°.  $CI: CH = CH: CA$ : is

2°.  $CI: CG = CG: CA$ : en derhalve

$\Delta CGI \sim \Delta GCA$ : en dus

3°.  $GI: GA = CI: CG$  of  $CH$ .

Uit N°. 1. *dividendo*.

4°.  $CI: CH = CH: CA - CH$ :

d. i.  $CI: CH = IH: AH$ : en dus uit 3°.

5°.  $GI: GA = IH: AH$ .

## XX. VOORSTEL. Fig. 128.

Indien men uit een stip  $F$  buiten den cirkel eene raaklijn  $[FI]$  en eene snijlijn  $[FA]$  naar welgevallen trekt; is het vierkant op de raaklijn  $[FI]$  gelijk aan den regthoek uit de snijlijn  $[FA]$  en haar gedeelte  $[FD]$  dat buiten den cirkel valt: en omgekeerd.

EUCL. III. 36, 37. — St. III. pr. 24. — L. G. III. 30.

I. AANMERKING. Wij beschouwen dit Voorstel als een onmiddelijk gevolg van het XVII: want wanneer  $FE$  eene raaklijn wordt, vallen de stippen  $E$  en  $B$  op elkander en beide op het stip  $T$ : zoo dat  $FB = FE = FT$ , en regthoek uit  $FA$ ,  $FD = \square$  op  $FT$ . Anderen, zoo als EUCLIDES, maken van dit Gevolg het hoofdvoorstel, en van ons XVII. Voorstel een Gevolg: en dan wordt het bewezen, of uit de eigenschappen der regthoekige driehoeken, of uit de gelijkvormige driehoeken. in het eerste geval is door II. 16. Gevolg 1.  $\square$  op  $FT \sim \square$  op  $FC = \square$  op  $TC \sim \square$  op  $FC = \square$  op  $CN \sim$  Regth. uit  $FN$ ,  $FS$  (II. 7.) en dan volgt het besluit uit Voorstel XVII. — In het tweede geval volgt het door IV. 2. en IV. 8. Gevolg 5. uit de gelijkvormigheid der driehoeken  $TFB$  en  $TFE$ : want  $\angle TFE$  is gemeen in beiden: en door het IX. Voorstel van dit Boek is  $\angle FTB = \angle TEB$ .

II. AANMERKING. Hierop rust de oplossing van het 11 Werkstuk van het I. Boek, en ook het Bewijs van de 1. Oplossing van het 11. in het II. Boek.

### I. GEVOLG.

De raaklijn is middel-evenredig tusschen de snijlijn en haar gedeelte dat buiten den cirkel valt.

BEWIJS. Uit IV. 8. Gev. 6.

## II. GEVOLG.

De twee raaklijnen, die men uit een stip naar den om-  
trek eens cirkels trekken kan, zijn onderling gelijk.

III. AANMERKING. Dit hadden wij reeds in het XI. Voorstel,  
4. Gevolg, bewezen.

## XXI. VOORSTEL. Fig. 128.

Indien de raakpunten  $[T, I]$  van twee gelijke raaklijnen  
 $[FT, FI]$  door eene choorde  $[TI]$  vereenigd worden, en  
men uit het stip  $[F]$  waar de beide raaklijnen elkander ont-  
moeten, eene snijlijn  $[FE]$  naar welgevallen trekt, die den  
cirkel  $[in B]$  en de gemelde choorde  $[in O]$  snijdt, zal die  
snijlijn in *harmonische* evenredigheid gesneden worden door  
den cirkel  $[in B]$  en de gemelde choorde  $[in O]$ .

KRAFFT *Geom. Sublim.* §. 77.

BEWIJS. Zij  $FN \perp$  op  $TI$ : en derhalve gaande door het middel-  
punt, dan is

$$\begin{aligned} \square \text{ op } FI &\propto \square \text{ op } FO + \square \text{ op } OI - 2 \text{ Rh. uit } OI, OP \text{ (II. 19.)} \\ &\propto \square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } OI \text{ en } (IO - 2 OP) \\ &\propto \square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } OI \text{ en } (IP - OP) \\ &\propto \square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } OI \text{ en } (TP - OP) \\ &\propto \square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } IO \text{ en } TO. \end{aligned}$$

Maar  $\square \text{ op } FI \propto \text{Rh. uit } FE . BF \text{ (Voorst. XX.)}$

en  $\text{Rh. uit } IO \text{ en } TO \propto \text{Rh. uit } BO \text{ en } EO \text{ (Voorst. XII.)}$ ; derhalve,

$$\square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } BO \text{ en } EO \propto \text{Rh. uit } FE . BF.$$

$$\begin{aligned} \text{Maar } \square \text{ op } FO + \text{Rh. uit } BO, EO &\propto \square \text{ op } FB + 2 \text{ Rh. uit} \\ &\text{BF, } BO + \square \text{ op } BO + \text{Rh. uit } BO, EO \text{ (II. 4.)} \\ \text{en Rh. uit } BF, FE &\propto \square \text{ op } BF + \text{Rh. uit } FB, BE \\ &\text{(II. 5. Gev. 3.)} \end{aligned}$$

$$\text{Gevolgelyk } \square \text{ op } BF + 2 \text{ Rh. uit } BF, BO + \square \text{ op } BO +$$

$$\text{Rh. uit } BO, OE \propto \square \text{ op } BF + \text{Rh. uit } BF, BE$$

$$\text{en Rh. uit } BF, BO + \text{Rh. uit } BO \text{ en } (BF + BE) =$$

$$\text{Rh. uit } FB, BE;$$

$$\text{d. i. Rh. uit } BF, BO + \text{Rh. uit } BO, FE \propto \text{Rh. uit } FB, BE$$

$$\text{en Rh. uit } BO, FE \propto \text{Rh. uit } FB, OE;$$

$$\text{derhalve } BF: FE = BO: OE$$

$$\text{of } BF: FE = FO - BF: EF - FO:$$

derhalve III. Bep. 23.

$BF, FO, EF$  in *harmonische* evenredigheid.

## IV. A F D E E L I N G.

OVER DE CIRKELS DIE ELKANDER RAKEN  
OF SNIJDEN.

## XXII. VOORSTEL.

Cirkels die zich snijden of raken hebben het zelfde middelpunt niet.

EUCL. III. 5, 6.

ALGEMEENE AANMERKING. Dit Voorstel en de drie volgende rusten op dit grondbeginsel, dat twee cirkels, die elkander raken of snijden, juist zoo vele stippen gemeen hebben, als er stippen zijn in welke zij zich raken, of snijden; gevolgelijk dat de lijnen uit die stippen naar ieder middelpunt getrokken, gelijk zullen zijn.

BEWIJS. Voor de cirkels die elkander snijden Fig. 133; voor die welke elkander inwendig raken Fig. 134; voor die welke elkander uitwendig raken, Fig. 135; voor deze laatste spreekt de zaak van zelf, daar de beide cirkels geheel buiten elkander staan: voor de twee eerste gevallen wordt het bewijs opgemaakt uit de ongerijmdheid die voortvloeit met het tegendeel te stellen; en die ongerijmdheid wordt uit de gelijkheid der stralen opgemaakt: want dan zoude moeten zijn  $CA = BC = CE$ :

## XXIII. VOORSTEL.

Zoo twee cirkels elkander inwendig, of uitwendig raken, gaat de lijn, die de beide middelpunten vereenigt, ook door het stip van aanraking.

EUCL. III. 11, 12.

BEWIJS. Voor beiden uit het ongerijmde. Zoo de cirkels elkander *inwendig* raken, Fig. 134, en het gestelde geen plaats heeft: laat dan I buiten de lijn FA het middelpunt zijn van den cirkel ADE: trek AI: dan moest (I. 19.)  $AI + FI > AF$  of  $> FB$ : d. i.  $ID + FI$ , of  $DF > FB$  zijn: dat onmogelijk is. Zoo de aanraking uitwendig is, (Fig. 135.) laat de lijn Cf, die de middelpunten vereenigt buiten A vallen: dan moet (I. 19.)  $CD + Bf > Cf$  zijn, dat onmogelijk is.



AANMERKING. Men kan thans de 17, 18, 19 Werkstukken van het V. Boek oplossen.

#### XXIV. VOORSTEL.

Een cirkel raakt eenen anderen cirkel slechts in een stip,

EUCL. III. 13. — St. III. pr. 5, 6.

BEWIJS. Uit het ongerijmde. Zoo de aanraking inwendig geschiedt, Fig. 134, laten B en A de twee stippen van aanraking zijn: en (Voorstel XXIII.) F en C de twee middelpunten: dan moest  $FB = FA = FC + CB$  zijn dat (I. 19.) onmogelijk is. Zoo de aanraking uitwendig is, Fig. 135, laten A en D de twee stippen van aanraking zijn: dan moest  $cA + Af = cD + Df$ : dat (I. 19.) onmogelijk is.

AANMERKING. Het blijkt, dat zoo de afstand der middelpunten gelijk is aan de som der stralen, de cirkels zich uitwendig raken: en zoo dezelve gelijk is aan het verschil der stralen, raken zij zich inwendig.

L. G. II. 13, 14.

#### XXV. VOORSTEL.

Twée cirkels die elkander snijden, snijden zich in twee stippen, welke zoodanig geplaatst zijn dat de lijn die dezelve vereenigt loodregt staat op de lijn die door de middelpunten van beide de cirkels gaat, en door deze in twee gelijke deelen gedeeld wordt; en zij kunnen elkander in niet meer dan in twee stippen snijden.

EUCL. III. 10. — St. III. 4. Gev. 2. — L. G. II. 11.

I. GEDEELTE. Fig. 137. Indien de beide cirkels maar een stip gemeen hadden zouden zij zich slechts raken: dus, daar zij zich snijden, snijden zij zich ten minsten in twee stippen.

De stippen kunnen niet staan aan den zelfden kant van de lijn, die de beide middelpunten vereenigt: want dan zoude men aan éénen kant uit een ander stip dan het middelpunt twee gelijke lijnen kunnen trekken dat onmogelijk is (door X. Voorstel).

De stippen A, F zullen dan aan verschillende kanten vallen, en dan volgt het Voorstel uit I. 27. Gevolg 4.

II. GEDEELTE. Fig. 136. Uit het ongerijmde: want dan moesten de beide cirkels een en het zelfde middelpunt hebben: dat onmogelijk is: door het X. Voorstel.

AAN-

AANMERKING. Het blijkt uit de figuur 1°. dat de afstand  $CD$  der twee middelpunten kleiner is dan de som der twee stralen  $CH$ ,  $DG$ : 2°. dat de grootste straal  $CH$  kleiner is dan de afstand  $CD$  der twee middelpunten, en de kleinste straal  $DG$  te samen genomen. En dit heeft bij het snijden van twee cirkels altijd plaats.

L. G. II. 12.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 134, 135.

Indien twee cirkels elkander, het zij inwendig, het zij uitwendig, raken, en er uit het stip van aanraking  $[A]$  eene lijn  $[ALM]$  getrokken wordt die ze beide snijdt: zullen de hoeken  $[ACL$  en  $AFM]$  in het middelpunt  $[C$  en  $F]$  van iederen cirkel gevormd door de lijnen  $[AC$ ,  $CL$  en  $AF$ ,  $FM]$  welke uit het middelpunt naar het stip van aanraking  $[A]$  en naar de stippen van snijding  $[L$  en  $M]$  getrokken worden, aan elkander gelijk zijn.

PAPPUS *Collect. Mathem.* IV. *Lemma ad prop.* 9.

BEREIDING. Men vereenige de middelpunten door de lijn  $FC$ , die, zoo noodig verlengd, door het stip van aanraking  $A$  gaat (Voorst. XXII).

BEWIJS. Om dat in  $\triangle AFM$ ,  $CAL$ ,  $\angle CAL = \angle FAM$  en  $CA = CL$ ,  $FA = FM$ : en dus  $AC : CL = AF : FM$ , is (IV. 2.)  $CL \parallel FM$ : en derhalve  $\angle ACL = \angle AFM$ .

AANMERKING. Wij zullen in VII. 10. Gev. 2 toonen dat, wanneer  $\angle ACL = \angle AFM$ , de bogen  $ADL$  en  $ABM$  de zelfde rede hebben tot de geheele omtrekken waarvan zij deelen zijn, dat is dat zij onderling *gelijkvormig* zijn. Ook luidt dit Voorstel aldus bij PAPPUS. „ Als twee cirkels elkander inwendig of uitwendig raken, snijdt de lijn „ die uit het raakpunt genomen wordt, van de zelve gelijkvormige bogen af.”

# Z E S D E   B O E K.

## OVER DE VEELHOEKEN IN EN OM DEN CIRKEL BESCHREVEN.

### I N L E I D I N G.

#### I. BEPALING.

Eene figuur wordt gezegd in eene andere figuur te staan, of in dezelve beschreven te zijn, als de toppen van hare hoeken op de zijden van die andere figuur rusten.

En dus wordt eene figuur gezegd in eenen cirkel te staan, of in denzelven beschreven te zijn, als de toppen van hare hoeken op den omtrek rusten: en de cirkel wordt gezegd in eene figuur beschreven te zijn, als zijn omtrek alle de zijden raakt.

ZUCL. IV. Bep. 1, 3, 5. — St. IV. def. 1.

**AANMERKING.** Volgens het geen wij in het XXXVIII. Voorstel van het II. Boek bewezen hebben, kan men (Fig. 82), in iederen regelmatigigen veelhoek zoo vele andere gelijkvormige veelhoeken beschrijven als men wil, doch die alle van verschillende grootte zijn zullen. Wanneer men echter van veelhoeken in veelhoeken beschreven, in het algemeen, spreekt, behoort men van veelhoeken te spreken, die eene bepaalde grootte hebben: in het gevolg nu van het XXVII. Voorstel van het IV. Boek hebben wij gezien dat dit plaats heeft als de toppen E, F, G, I, L op het midden der zijden AD, DC, CB, BQ, QA rusten: waarom men dan ook dien veelhoek, als bij uitstek, den veelhoek in den veelhoek beschreven noemen kan. Zie Voorst. XIII.

#### II. BEPALING.

Eene figuur wordt gezegd om eene andere figuur te staan, of, om dezelve beschreven te zijn, als alle hare zijden de toppen van alle de hoeken van die andere figuur raken.

En dus, wordt een cirkel gezegd om eene figuur beschreven te zijn, of om dezelve te staan, als de omtrek van den cirkel de toppen van alle de hoeken raakt: en  
eene

eene figuur wordt gezegd om den cirkel beschreven te zijn, als alle hare zijden den omtrek van den cirkel raken.

Eucl. IV. Bep. 2, 4, 6. — St. IV. Bep. 2.

I. AANMERKING. Wij zullen in het II. Gevolg van het XIV. Voorstel zien hoe een regelmatige veelhoek om eenen regelmatigen veelhoek beschreven wordt.

II. AANMERKING. Wij zullen somtijds, kortsheidshalve de veelhoeken *in* of *om* den cirkel beschreven noemen, den eersten *den veelhoek in*, den anderen *den veelhoek om*.

### III. BEPALING.

Wanneer een regelmatige veelhoek *in* of *om* eenen cirkel beschreven is, en insgelijks een ander die een dubbeld getal zijden heeft; noemen wij den eerstgemelden *den voorgaanden*, den anderen *den volgende veelhoek*.

## A X I O M A.

Een veelhoek kan noch in eenen veelhoek, noch om eenen veelhoek, beschreven worden, ten zij deze evenveel zijden hebbe.

## I. AFDEELING.

### ALGEMEENE EIGENSCHAPPEN DER VEELHOEKEN IN EN OM DEN CIRKEL BESCHREVEN.

#### I. VOORSTEL. Fig. 141, 139.

Geen figuur kan in eenen cirkel beschreven worden, ten zij er, in of buiten dezelve, eenig stip [C] zoodanig gesteld zij, dat alle de lijnen van het zelve naar de hoeken van de figuur getrokken [CB, CD, CA enz.], onderling gelijk zijn.

En geen figuur kan om eenen cirkel beschreven worden ten zij in dezelve eenig stip [C Fig. 139.] zoodanig gesteld zij, dat de loodlijnen [CI, CK, CL] uit het zelve op alle de zijden van de figuur getogen, onderling gelijk zijn.

BE-

236 VI. Boek: Over de veelhoeken in en om den cirkel.

BEWIJS voor het I. Uit den aard van den cirkel en Bepaling I.

Voor het II, Uit de II. Bepaling en V. 4.

II. VOORSTEL.

Geen figuur kan om eenen cirkel beschreven worden, ten zij, indien hare zijden *even* in getal zijn, de som van de eerste, derde, vijfde, zevende, enz. gelijk zij aan de som der tweede, vierde, zesde, achtste, enz.; en, indien zij *oneven* in getal zijn, ten zij de som der eerste, derde, vijfde, zevende, enz. gelijk zij aan de som van de tweede, vierde, zesde, achtste, enz. en daarenboven van tweemaal dat stuk der laatste zijde dat tusschen de eerste en het stip van aanraking begrepen is.

PITOT. *Mem. de l'Acad. de Paris.* A. 1725. p. 45.

BEWIJS. Uit de II. Bepaling, en V. II. Gevolg 4.

GEVOLG.

Er kan dus nooit een parallelogram of een regthoek, maar wel eene ruit of een vierkant om eenen cirkel beschreven worden.

III. VOORSTEL.

Er is geen driehoek, of dezelve kan in of om eenen cirkel beschreven worden: en dus ook geen, of er kan een cirkel om of in denzelfven staan.

BEWIJS. I. Gedeelte. De inschrijving des driehoeks in den cirkel, en dus de beschrijving van dezen om denzelfven, blijkt uit V. 2.

II. Gedeelte. De beschrijving des driehoeks om den cirkel.

BEREIDING. Fig. 139. Stel dat de lijnen BC, en CD, welke de hoeken ABD en ADB in twee gelijke deelen snijden, in C samen komen: trek CA; en de loodlijnen CI, CK, CL: men moet bewijzen (I. Voorstel) dat  $CI = CK = CL$ .

BEWIJS. Uit I. 22.

I. AANMERKING. De Bereiding en het Bewijs van het II. gedeelte van dit Voorstel leveren de volgende eigenschappen der driehoeken op.

**I. GEVOLG.**

De lijnen, welke de hoeken van eenen driehoek in gelijke deelen verdeelen, komen in één stip binnen den driehoek te samen: en de loodlijnen, die uit hetzelfde op de zijden des driehoeks getrokken worden, zijn allen gelijk aan elkander.

L. C. §. 502.

II. AANMERKING. De driehoek is de eenige figuur die altijd in of om den cirkel beschreven kan worden: en in of om welke men altijd eenen cirkel beschrijven kan.

III. AANMERKING. Men kan thans het 2 en 4 Werkstuk van het VI. Boek oplossen.

**II. GEVOLG.**

De inhoud eens driehoeks wordt uitgedrukt door deszelfs omtrek gemultipliceerd door den halven *radius* van den cirkel daarin beschreven.

L. G. III. 32. *Scholie.*

BEWIJS.  $\Delta ABD \propto \Delta ABC + \Delta BCD + \Delta ACD \propto$   
(IV. 9. Gev. 6.)  $AB \times \frac{1}{2} CI + BD \times \frac{1}{2} CK + AD \times \frac{1}{2} CL \propto [AB + BD + DA] \times \frac{1}{2} CL \propto \text{omtrek} \times \frac{1}{2} \text{radius}.$

**III. GEVOLG.**

Wanneer eene lijn [AC] eenigen hoek [BAD] in twee gelijke deelen deelt, zal ieder stip [C] op die lijn waaruit men loodlijnen [CI, CL] op de beenen des hoeks laat vallen, het middelpunt zijn eens cirkels die de beide beenen zal raken, en van denzelfden, gelijke deelen, van den top te beginnen, zal afnijden.

D. G. §. 331.

**IV. VOORSTEL. Fig. 127.**

Wanneer een driehoek [ABD] in eenen cirkel beschreven is, is de regthoek uit twee zijden [AB, BD] van gelijken inhoud als de regthoek uit de loodlijn [BF] op de derde zijde [AD] neergelaten en de middellijn van den cirkel.

L. G. III. 32.

BEWIJS. Trek AI, dan is  $\Delta ABI \sim \Delta BFD$ , om dat  $\angle BAI = \angle BFD$  en  $\angle AIC = \angle BDF$ : en dus  $\angle ABI = \angle EBD$ : derhalve (IV. 2.)  $AB:BI = BF:BD$ : en gevolglijk (IV. 8. Gev. 5.) Regth. uit AB . BD  $\propto$  Regth. uit BI . BF.

I.

## I. GEVOLG.

De inhoud eens driehoeks wordt tiagedrukt door het product der zijden, gedevideerd door de dubbelde middellijn van den omschreven cirkel.

BEWIJS. Een driehoek immers kan altijd gehouden worden als in eenen cirkel beschreven te zijn (Voorst. III.): en uit dit Voorstel is  $AB \times BD \times AD = BI \times BF \times AD$ : derhalve

$$AD \cdot BF = \frac{AB \cdot BD \cdot AD}{BI} \quad \text{Maar } \triangle ABD \propto \frac{AD \cdot BF}{2} \quad (\text{IV. 9. Gev. 6})$$

$$\text{derhalve } \triangle ABD \propto \frac{AB \cdot BD \cdot AD}{2 BI}.$$

L. G. III. 32. Cor.

## II. GEVOLG.

Indien verschillende driehoeken in den zelfden cirkel, of in gelijke cirkels, beschreven zijn: staan hunne inhouden tot el-  
kander als de producten hunner zijden.

AANMERKING. Deze twee uitdrukkingen van den inhoud eens driehoeks: die namelijk van het eerste Gevolg van dit en van het 2. des voorgaanden Voorstels, hoe verschillende ook in schijn van de uitdrukking in IV. 9. Gev. 6. en in II. 13. Gev. 1 begrepen, zijn, echter op deze gevestigd: wij zullen in IX. 8 en 9. nog twee andere uitdrukkingen voor den inhoud eens driehoeks opgeven. Alle die uitdrukkingen komen dikwerf te pas.

## V. VOORSTEL.

Niet alle onregelmatige, maar wel alle regelmatige veelhoeken kunnen in of om den cirkel beschreven worden.

L. G. 9. 330.

BEWIJS. Voor het I. uit het 1. en 2. Voorstel: en voor het II. uit het 1. en 2. Voorstel, en II. 32.

I. AANMERKING. Het eerste en tweede Voorstel van dit Boek, gepaard met het 32. van het II. toonen genoeg aan hoe men in en om eenen gegeven regelmatigen veelhoek eenen cirkel beschrijven moet: dus kan men het 13. en 14. Werkstuk van het VI. Boek oplossen.

II. AANMERKING. Wij spreken hier, en in de volgende Voorstellen, van het VIII. af, van *regelmatige* veelhoeken in en om den cirkel beschreven: doch CLAVIUS merkt te regt aan (op EUCL. IV. 16.), dat een gelijkzijdige veelhoek in den cirkel beschreven altijd gelijkhoekig, en dus regelmatig is: doch dat een gelijkzijdige veelhoek om den cirkel beschreven, niet altijd daarom ook gelijkhoekig is, ten zij het

het getal der zijden oneven zij: of, zoo het even is, twee naastliggende hoeken gelijk zijn, of wel twee hoeken, waarvan, de eene voor den *eersten* genomen zijnde, de andere eene even plaats bekomt: bijv. de 4, 6 enz. Verder, dat een gelijkhoekige veelhoek, om den cirkel beschreven, altijd gelijkzijdig is, doch dat een gelijkhoekige veelhoek in den cirkel beschreven het niet altijd is, ten zij het getal der zijden oneven zij, of, indien het even is, ten zij twee naastliggende zijden gelijk zijn, of twee zijden het zijn, waarvan, de eene voor de *eerste* genomen zijnde, de andere eene even plaats bekomt: bijv. de 4, 6, enz.

#### VI. VOORSTEL. Fig. 140.

In alle vierhoeken  $[ABCD]$ , in den cirkel beschreven, zijn de overstaande hoeken te samen genomen  $[ABC$  en  $ADC$ ;  $BAD$  en  $BCD]$  gelijk aan twee regten.

EUCL. III. 22. — St. III. 12

BEWIJS. Uit V. 5. Gev. 3.

AANMERKING. Er kan dus geen vierhoek in den cirkel beschreven worden, of hij moet deze eigenschap bezitten: en dus kunnen er nooit eene ruit, of een parallelogram in den cirkel beschreven worden: maar wel een vierkant, of een rechthoek.

#### VII. VOORSTEL. Fig. 140.

In alle vierhoeken  $[ABCD]$ , in den cirkel beschreven, is de som van de reghoeken uit de tegenoverstaande zijden  $[BA$  en  $DC$ ,  $AD$  en  $CB]$  gelijk aan den reghoek der *diagonalen*  $[AC$  en  $BD]$ .

L. G. III. 36. — TOCQUET in zijn scholium op EUCLIDES VI. 16.

BEREIDING. Men trekt  $BG$  zoodanig dat  $\angle ABG = \angle DBC$ : waaruit; en uit V. 5. Gev. 1. volgt,  $1^o$ .  $\triangle ABG \sim \triangle DBC$ , en  $\triangle GBC \sim \triangle ABD$ : want  $\angle BCG = \angle ADB$ : V. 5. Gev. 1.:  $\angle ABG = \angle DBC$ : dus, wederzijds aftrekkende  $\angle GBD$ , is  $\angle ABD = \angle GBC$ .

BEWIJS. Uit de gelijkvormigheid der  $\triangle\triangle ABG$  en  $DBC$ : vervolgens van  $\triangle GCB$  en  $\triangle ABD$ , en IV. 8. Gevolg 5; is Regth.  $DC \cdot AB \propto$  Regth.  $AG \cdot BD$  en Regth.  $BC \cdot AD \propto$  Regth.  $CG \cdot BD$ : waaruit, en uit II. 5, het besluit wordt opgemaakt.

I. AANMERKING. Dit Voorstel wordt het Voorstel van PTOLEMAEUS.



MAEUS genoemd, om dat PTOLEMAEUS hetzelfde, heeft uitgevonden, of immers de eerste is die het voorgedragen en gebruikt heeft, om de choorden van bogen te berekenen; welke berekening wij in het VIII. Boek, XII. Voorstel zullen aantoonen.

Zie PTOLEMAEUS *Almagestum* I. Cap. 9.

II. AANMERKING. Indien men dit Voorstel met het voorgaande Voorstel, en met het 4. Gev. van het V. Voorstel en de 4. Aanm. op het XII. Voorstel in het V. Boek, vergelijkt, zal men zien dat er in eenen vierhoek, op dat dezelve in den cirkel beschreven zoude kunnen worden, drie dingen plaats moeten hebben: doch zij zijn zoodanig, dat zoodra eene van drieën plaats heeft, de twee andere ook plaats hebben.

### I. GEVOLG.

Een vierkant kan in en om den cirkel beschreven worden.

III. AANMERKING. Men lost thans het 6, 7, 8, 9 en 10 Werkstuk van het VI. Boek op.

### II. GEVOLG.

De diagonalen [BD, AC] eens vierhoeks in den cirkel beschreven staan tot elkander, als de sommen van de rechthoeken der zijden die aan derzelve uiteinden samen komen.

L. G. III. 33. Scholie.

BEREIDING. De zelfde als voor het Voorstel; mits BG verlengende tot in O, waar door  $\sphericalangle OC = \sphericalangle AD$ : trekkende OC, nemende verder  $\sphericalangle BP = \sphericalangle AD$ , en trekkende CP.

BEWIJS.  $\triangle ABD \sphericalangle \triangle BGC$ : derhalve  $BD:BC = AB:BG$ : en Rh. uit BG.  $BD \propto Rh.$  uit BC. AB. Maar  $\triangle GCO \sphericalangle \triangle DBC$ : derhalve  $BD:CO = DC:OG$  en Rh. uit OG.  $BD \propto Rh.$  uit CO. DC: dat is Rh. uit OG.  $BD = Rh.$  uit AD. DC: en gevolgelyk Rh. uit BG.  $BD + Rh.$  uit OG. BD, dat is Rh. uit BO.  $BD \propto Rh.$  AB. BC + Rh. uit AD. DC.

Op gelijke wijze is Rh. uit PC. CA  $\propto = Rh.$  uit AB. AD + Rh. uit BC. CD.

Maar  $\sphericalangle PB + \sphericalangle BC = \sphericalangle BC + \sphericalangle CO$ : d. i.  $\sphericalangle PBC = \sphericalangle BCO$ : en dus  $PC = BO$ : gevolgelyk Rh. uit BO. BD: Rh. uit PC. CA = BD: CA: en derhalve  $BD:CA = Rh.$  uit AB. BC + Rh. uit AD. DC: Rh. uit AB. AD + Rh. uit BC. CD.

III.

### III. GEVOLG.

De oppervlakte, of inhoud eens vierhoeks, in den cirkel beschreven, wordt uitgedrukt door het product van eene der diagonalen en de som des regthoeks van de zijden die aan den eenen kant, en des regthoeks der zijden die aan den anderen kant van die diagonaal staan, te samen genomen: gedevideerd door de dubbelde middellijn.

BEWIJS. Trapezium  $ABCD \propto \Delta ABC + \Delta ACD \propto$  (Voorstel IV. Gev. 1.)

$$\frac{AB \cdot BC \cdot AC + AD \cdot DC \cdot AC}{2 BI} \propto \frac{AC (AB \cdot BC + AD \cdot DC)}{2 BI}$$

### IV. GEVOLG.

De vier zijden des vierhoeks gegeven zijnde, kan men de beide diagonalen vinden.

BEWIJS. Dat men, om te verkorten, de zijden door  $a, b, c, d$  en de diagonalen door  $x$  en  $y$  uitdrukke; dan is 1°. door dit Voorstel  $xy = ac + bd$ .

2°. Door Gevolg 2,  $\frac{x}{y} = \frac{ax + bc}{ab + ac}$ : uit welke twee vergelijkingen men door de stekunde opmaakt

$$x^2 = \frac{(ac - bd)(ab + bc)}{ab + cd} \text{ en}$$

$$y^2 = \frac{(ac + bd)(ab + cd)}{ad + bc}.$$

L. G. p. 297.

IV. AANMERKING. CASTILLON heeft doen zien (*Mém. de l'Acad. de Berlin* 1766. p. 357) dat het *Theorema Pythagoricum*, of het XVI. Voorstel van ons II. Boek, gelijk ook het XIX, uit dit Voorstel van PTOLEMAEUS afgeleid kunnen worden.

Men stelle immers dat  $ABC$  de driehoek zij: men beschrijve om denzelven eenen cirkel, neme  $BD = AC$ , en trekke  $AD, DC$ : dan is door dit Voorstel

I. Rh. uit  $AB \cdot DC +$  Rh. uit  $AD \cdot BC \propto$  Rh. uit  $AC \cdot BD \propto$  (in dit geval)  $\square$  op  $AC$ .

Indien nu  $\Delta ABC$  regthoekig is in  $B$ , wordt  $AC$  eene middellijn (V. 7.);  $BD = AC$  wordt het ook, en daar door  $AB = DC$ ,  $AD = BC$ : en het voorstel van PTOLEMAEUS wordt in dit geval

$\square$  op  $AC \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $BC$ ,

dat is, wordt het *Theorema Pythagoricum*, of II. 16.

II. Indien nu  $\Delta ABC$  niet regthoekig is; zal echter om dat (V. 5. Gev. 1.)  $\angle BDC = \angle ABD$ ,  $DC // AB$  zijn: men trekke verder  $AE // BC$ ; dan is  $EC = AB$ ,  $BC = AE = AD$ ; derhalve Rh. uit

Q

242 VI. Boek: Over de veelhoeken in en om den cirkel.

uit  $BC \cdot AD \propto \square$  op  $BC$ : waar door het Voorstel van PTOLEMAEUS voor dít geval wordt

Rh. uit  $AB \cdot DC + \square$  op  $BC \propto \square$  op  $AC$ .

III. Men trekke verder  $AH \perp$  op  $DC$ : dan is, om dat  $AD = AE$ :  $DE = 2 HE$ . Men trekke  $AF \perp$   $FB$ . Maar  $\angle AED = \angle BCD = \angle FBA$ ; en derhalve  $\triangle AHE \sim \triangle AFB$ : en (IV. 10).

Rh. uit  $HE \cdot AB \propto$  Rh. uit  $BF \cdot AE \propto$  Rh. uit  $FB \cdot BC \propto$  Rh. uit  $FB \cdot AD$ .

Maar, Rh. uit  $AB \cdot DC \propto$  Rh. uit  $AB$  en  $(DE + EC) \propto$  Rh. uit  $AB \cdot DE +$  Rh. uit  $AB \cdot EC \propto 2$  Rh. uit  $AB \cdot HE + \square$  op  $AB \propto 2$  Rh. uit  $FB \cdot BC + \square$  op  $AB$ : waar door N<sup>o</sup>. II. wordt

IV.  $2$  Rh. uit  $FB \cdot BC + \square$  op  $AB + \square$  op  $BC \propto \square$  op  $AC$ : het geen het XIX. Voorstel van her II. Boek oplevert, indien  $\triangle ABC$  stomphoekig is.

Maar zoo  $\angle ABC$  fcherp is, valt  $AF$  binnen den  $\triangle ABC$ : en dan wordt het *facit*

$\square$  op  $AB + \square$  op  $BC - 2$  Rh. uit  $FB \cdot FC \propto \square$  op  $AC$ .

V. AANMERKING. Het blijkt dan wederom hoe men eene en de zelfde waarheid uit verschillende grondbeginsels kan afleiden. Wijsgerig echter gesproken, is het bewijs, uit het Voorstel van PAPPUS (II. 20.) ontleend, beter dan dat het welk uit het Voorstel van PTOLEMAEUS afgeleid wordt: voor dit laatstgemelde, immers, moet men nog de eigenschappen des cirkels kennen: en, wederom wijsgerig gesproken, is het bewijs van het Voorstel van PYTHAGORAS afzonderlijk, en van II. 19. insgelijks afzonderlijk, en in den trant van EUCLIDES, nog beter; vermits men in het *Euclideaansch* bewijs alles gemakkelijk en duidelijk uit de eerste grondbeginsels afleidt. Het heeft echter grootelijks zijn nut om bij alle gelegenheden, te doen opmerken, hoe naauw alle die verschillende grondbeginsels met elkan- der verbonden zijn, en tot de zelfde waarheden leiden.

## II. AFDEELING.

### OVER DE REGELMATIGE VEELHOEKEN IN EN OM DEN CIRKEL BESCHREVEN.

#### VIII. VOORSTEL. Fig. 141 en 142.

Wanneer een regelmatige veelhoek in den cirkel beschreven is, 1<sup>o</sup>. verdeelen de zijden den omtrek in zoo vele gelijke bogen, als er zijden in den veelhoek zijn:  
2<sup>o</sup>.

*II. Afd. : Over de regelm. in- of omschreven veelhoek.. 243*

2°. die zijden zijn de choorden van de bogen: 3°. het middelpunt van den cirkel is dat van den veelhoek: 4°. de radius van den cirkel is die van den veelhoek zelve: en 5°. de choorde, die twee zijden van eenen gegeven veelhoek bespant, is de zijde van een' veelhoek die de helft van het getal zijden des gegeven veelhoeks bezit, indien het getal zijden in dezen *even* is.

BEWIJS. Is uit de Bepalingen en II. 32. klaarlijk.

I. AANMERKING. Ik zeg in N°. 5. dat het getal der zijden in den gegeven veelhoek *even* moet zijn, op dat de choorde, die twee zijden van denzelfven bespant, de zijde zoude zijn van eenen nieuwen veelhoek. Immers, een *oneven* getal laat zich niet door 2 deelen: maar in Fig. 142, maken de drie lijnen of choorden, FD, DA, AF, die ieder twee zijden van den regelmatigigen zeshoek bespannen eenen regelmatigigen, d. i. gelijkzijdigen, driehoek uit.

I. GEVOLG.

De zijde EF eens regelmatigigen veelhoeks, in den cirkel beschreven, is de choorde van den middelpuntshoek [FCE], of van eenen hoek die gelijk is aan  $\frac{4R}{g}$  (II. Bep. 14. het 1. Gevolg).

II. GEVOLG.

De zijde van den zeshoek, in den cirkel beschreven, is gelijk aan den radius van den cirkel. (II. 14. het 2. Gevolg).

II. AANMERKING. Hier door kan men het 3. en het 15. Werkstuk van het VI. Boek oplossen

IX. VOORSTEL.

De zijden en de omtrekken van gelijkvormige regelmatigige veelhoeken, in, of om, cirkels van verschillende middellijnen beschreven, staan in de zelfde rede als de middellijnen van die cirkels: doch hunne inhouden zijn in verdubbelde rede der middellijnen.

EUCL. XII. 1.

BEWIJS. Uit het 5. Voorstel: en uit II. 32. en IV. 27:

I. AANMERKING. Hierop, en op IV. 2, steunt het gebruik van die lijnen op den proportioneel-passer welke met het  
Q 2 woord

woord *Pol.* of *Polygonen*, bestempeld zijn, en dienen om gemakkelijk alle *Polygonen*, of Veelhoeken, in gegeven cirkels, of ook op gegeven lijnen, te beschrijven.

Wanneer de cirkel gegeven is, is de *radius* gegeven: de *radius* nu van den cirkel, tot welken de lijnen der *Polygonen* op den proportionaal-pasfer behoren, is de zijde van den zeshoek op denzelven (VIII. Voorstel Gev. 1).

Wanneer de lijn gegeven is waarop de veelhoek geplaatst moet worden; moet de *radius* van den cirkel waarin die veelhoek zal staan, d. i. de *radius* van den veelhoek zelven, gevonden worden; en die wordt het door de lijn van den zeshoek op den proportionaal-pasfer; deze bepaald zijnde, beschrijft men op de gegeven zijde eenen gelijkbeenigen driehoek, waarvan de gevonden *radius* het been is: het toppunt is het middelpunt des te beschrijven cirkels.

II. AANMERKING. Het beschrijven van veelhoeken op eene lijn hangt af van derzelve beschrijving in den cirkel. Zie VI Boek, Werkstuk 18

#### X. VOORSTEL. Fig. 141.

Indien men uit de uiteinden [F en E] der zijden eens regelmatigigen veelhoeks in den cirkel beschreven, doch waarvan het getal der zijden *oneven* is, lijnen [FB, EB] naar den top des tegenoverstaanden hoeks [ABD] trekt, zullen dezelve met de gemelde zijde eenen gelijkbeenigen driehoek [FBE] uitmaken, waarin een der hoeken [BFE of BEF] op de grondlijn tot den hoek [FBE] in den top staat, als  $\frac{g-1}{2} : 1$ .

THÉOÛET OP EUCL. IV. 11. Schol. 1.

BEWIJS. Dat  $\triangle FBE$  gelijkbeenig is volgt uit V. 5. het 1. Gev.: het overige uit de beschouwing dat  $\angle FBE =$

$\frac{1}{2} \angle FCE = \frac{1}{2} \times \frac{4L}{g}$ : en zoodra de hoek FBE bekend

is, zijn de hoeken BFE, FEB het ook, uit I. 15. Gev. 2.

I. AANMERKING. Het zelfde heeft ook plaats al is de veelhoek niet in den cirkel beschreven, en is dus eene algemeene eigenschap van alle de regelmatigige veelhoeken wier zijden *oneven* in getal zijn.

#### GEVOLG.

De hoeken op de grondlijn zijn dus veelvouden van den hoek

hoek in den top; en zijn gevolgelijk tot dien hoek in den (gelijkzijdigen) driehoek	.	.	.	= 1 : 1.
— vijfhoek	.	.	.	2 : 1.
— zevenhoek	.	.	.	3 : 1.
— negenhoek	.	.	.	4 : 1.

II. AANMERKING. Men kan thans het 11 en 12 Werkstuk van het VI. Boek oplossen.

XI. VOORSTEL. Fig. 143.

Indien men uit het middelpunt eens cirkels eene loodlijn [CK] laat vallen op de zijde [EF] van eenen regelmatigen veelhoek in denzelven beschreven, doch wiens zijden *even* in getal [g] zijn, en men vervolgens die loodlijn wederzijds tot aan den omtrek [in H en I] verlengt, om er eene middellijn van te maken; zal die middellijn de zijde [EF] op welke zij valt in twee gelijke deelen [FK, KE] verdeelen: en de lijnen [FH, EH] die men uit de uiteinden van de gemelde zijde [EF] naar het eind [H] van die middellijn trekt, zullen met die zijde eenen gelijkbeenigen driehoek uitmaken, waarin de hoeken [HEF of HFE] op de grondlijn tot den hoek [EHF] in den top zijn zullen, zoo als  $\frac{g-1}{2} : 1$ .

TACQUET OP EUCL. IV. 11. Scholte 1.

BEWIJS. Het zelfde als voor het voorgaande Voorstel.

GEVOLG.

De hoeken op de grondlijn zijn dan hier veelvoudigen van dien in den top, op deze wijze:

De eerstgemelden staan tot de laatstgemelden

voor het vierkant als  $\frac{3}{1} : 1$ .

— den zeshoek als  $\frac{5}{2} : 1$ .

— — achthoek als  $\frac{7}{2} : 1$ .

— — tienhoek als  $\frac{9}{2} : 1$ .

en zoo voorts.

AANMERKING. Het blijkt uit dit, en uit het voorgaande Voorstel, dat indien men door de Meetkunde dit algemeen vraagstuk kon oplossen, namelijk, eenen gelijkbeenigen driehoek te maken, waarvan de hoeken op de grondlijn tot dien in den top staan, als 1, 1½, 2, 2½, 3, 3½, 4 en zoo voorts, tot 1, men ook alle regelmatige veelhoeken op eene *geometrische* wijze in den cirkel zoude kunnen beschrijven: en dit vraagstuk hangt wederom, zoo als van zelf blijkt, en reeds zeer wel door PAPPUS in zijne *Collectiones Mathematicae*.

## XIV. VOORSTEL. Fig. 143.

Indien men de straten  $[CF, CE]$  van eenen in den cirkel beschreven veelhoek  $[FEDBAF]$  verlengt; tot dat zij de raaklijn  $[NG]$ , getrokken uit het stip  $[I]$ , alwaar de verlengde loodlijn  $[CI]$  den omtrek snijdt, ontmoeten [in  $N$  en  $G$ ]; zal het stuk  $[NG]$ , dat men op die wijze van de gemelde raaklijn afsnijdt, de zijde zijn van eenen regelmatig en gelijkvormigen veelhoek om den cirkel beschreven: of, indien men de aangrenzende zijden  $[DE, \text{ en } EF]$  van den veelhoek in den cirkel beschreven, in twee gelijke deelen deelt, en uit het middelpunt  $[C]$ , door de snijdings stippen  $[R, \text{ en } K]$  lijnen  $[CRU, \text{ en } CKV]$  trekt tot dat zij de raaklijn  $[VU]$  ontmoeten die op het stip  $[E]$ , daar de gemelde zijden  $[FE \text{ en } DE]$  samenkomen, getrokken is; zal het gedeelte  $[VU]$  van die raaklijn, tusschen de gemelde lijnen begrepen, ook de zijde zijn van eenen gelijkvormigen veelhoek, om den eerstgemelden veelhoek beschreven.

Verder, de zijde  $[NG \text{ of } VU]$  van den veelhoek om den cirkel staat tot de zijde  $[FE \text{ of } IL]$  van den veelhoek in den cirkel, als de *radius*  $[CI]$  van den cirkel, tot de loodlijn  $[CR]$  van den veelhoek in den cirkel: de omtrekken staan in de zelfde rede: en de inhouden in de zelfde reden doch verdubbeld; of wel, als de radius van den cirkel tot de loodlijn  $[CQ]$  van den veelhoek die in den gegeven veelhoek  $[FEDBAF]$ , beschreven is.

BEWIJS. VOOR HET I en II. Uit de gelijkheid der driehoeken  $NCI$  en  $VCE$ , door het 22. Voorstel van het I. Boek.

VOOR HET III. Uit de gelijkvormige driehoeken  $CKE$  en  $CIG$ : — vervolgens uit IV. 28 en 27: eindelijk uit de beschouwing dat de gelijkvormige veelhoeken om en in den cirkel tot elkander staan als  $\Delta CIG: \Delta CKE = IG: KQ$  (IV. 6.)  $= CL: CQ$ .

## I. GEVOLG.

Het blijkt dat de veelhoek  $NGLampN$ , of die welke op  $VU$  om den cirkel  $FIELBAF$  beschreven is, insgelijks beschreven is om den veelhoek  $FEDBAF$  welke in den cirkel staat, en dat, indien men uit  $C$  met den radius  $CG$  eenen cirkel beschreef, de veelhoek om den gegeven cirkel zoude zijn de veel-

veelhoek in dien nieuwen cirkel: en derhalve 1<sup>o</sup>. dat de omfchreven veelhoek, ten opzichte van den ingefchreven, en van alle, die wederom daarin befchreven ftaan, in de klaffe valt der veelhoeken waarvan in Voorftel XIII. Gev. gefproken is: 2<sup>o</sup>. dat het befchrijven van eenen veelhoek om eenen veelhoek het zelfde Voorftel is als het befchrijven van eenen veelhoek om eenen cirkel.

## II. GEVOLG.

Het blijkt uit dit Voorftel, hoe men eenen regelmatigigen en gelijkvormigen veelhoek om eenen gegeven regelmatigigen veelhoek, of om eenen cirkel, befchrijven kan: en dat er geen regelmatige veelhoeken om veelhoeken, of om cirkels, befchreven kunnen worden dan die, welke men in den cirkel befchrijven kan: waardoor men het 12 Werkftuk van het VI. Boek der Werkftukken kan oplossen.

## III. GEVOLG.

Zoodra de zijde eens veelhoeks, in den cirkel befchreven, gegeven is, kent men de zijde van den gelijkvormigen veelhoek die om den cirkel befchreven kan worden.

## IV. GEVOLG.

De zijde van den veelhoek om den cirkel, of om eenen veelhoek, befchreven, heeft tot de zijde van dien veelhoek de zelfde rede als deze zijde tot de zijde van den veelhoek in den laatftgemelden, of in den gegeven veelhoek, befchreven: dat is (door het voorgaand en door dit Voorftel).

$VU: IL \text{ [of } FE] = IL \text{ [of } FE]: RK$ ; en dus

„ Is de zijde van dien gegeven veelhoek middel-evenredig tufchen de zijde van den veelhoek in denzelfven, en de zijde van den veelhoek om denzelfven befchreven; en ingelijks is het met de inhouden gelegen.”

Want  $\square \text{ op } VU: \square \text{ op } FE = \square \text{ op } PE: \square \text{ op } RK$ :  
en dus (IV. 27).

Veelhoek op  $VU$ : veelh. op  $FE =$  veelh. op  $FE$ :  
veelh. op  $RK$ .

## V. GEVOLG.

Indien men de lijn  $FD$  trekt, zijn de  $AA RKE$  en  $FDE$  gelijkvormig en dus is,  $KE: RK = FE: FD$ ;  
maar  $KE = \frac{1}{2} FE$ : dus  $RK = \frac{1}{2} FD$



450 VI. Boek: Over de veelhoeken in en om den cirkel.

waartuit het voorgaande Gevolg dit wordt,

$VU: FE = FE: \frac{1}{2} FD$ : dat is in woorden: „ de zijde van „ eenen, in den cirkel beschreven, veelhoek is middel-evenre- „ dig tusfchen de zijde van den gelijkvormigen veelhoek om „ dien cirkel beschreven, en de halve zijde van eenen veelhoek, „ insgelijks in dien cirkel beschreven, doch die slechts de „ helft van het getal zijden des gegeven veelhoeks bezit.”

HUYGENS de *de Circuli magnitudine*, prop. 13.

V. GEVOLG.

Uit het IV. Gevolg blijkt al verder, dat het verschil der inhouden van den regelmatigigen veelhoek om den cirkel, en van den gelijkvormigen in den cirkel beschreven, tot den inhoud van den eerstgemelden veelhoek staat, in verdubbelde rede van de zijde des veelhoeks in den cirkel tot de middellijn.

Want daar veelh op  $VU$ : veelh. op  $FE =$  veelh. op  $FE$ : veelh. op  $RK$  is (III, 8.).

veelh. op  $VU -$  veelh. op  $FE$ : veelh. op  $VU =$

veelh. op  $FE -$  veelh. op  $RK$ : veelh. op  $FE =$

$\Delta RQE: \Delta RCE = QE: CE$  (IV. 6.)

maar  $QE: RE = RE: CE$  (IV. 2.)

en  $RE: CE = RE: CE$

dus  $QE: CE = RE^2: CE^2$ : (III. 10) en dus:

veelh. op  $VU -$  veelh. op  $FE$ : veelh. op  $VU = RE^2: CE^2 = FE^2: TE^2$ :

VI. GEVOLG.

Derhalve is het gemelde verschil gelijk aan eenen gelijkvormigen veelhoek, die beschreven zoude worden om eenen cirkel, waarvan de zijde  $FE$  des gegeven veelhoeks de middellijn zoude zijn (IX. Voorstel).

DU RAY *Mem. de l'Acad.* 1729. p. 297.

VII. GEVOLG.

Dus is het gemelde verschil ook gelijk aan den veelhoek die gevormd wordt door de ontmoeting der lijnen welke, of de uiteinden der evenwijdige zijden van den gegeven veelhoek, zoo deszelfs zijden *even* zijn, veréénigen, of loodregt op de zijden getrokken worden, indien het getal der zijden *oneven* is (Voorgaande Gevolg en XXXV. en XXXVII. Voorstel van het II. Boek). Want, in die veelhoeken, is de loodlijn de helft van

van de zijde des gegeven veelhoeks, en dus radius van den cirkel in die veelhoeken beschreven.

DU FAY ibid p. 299.

### XV. VOORSTEL. Fig. 144.

Indien men in den cirkel eenen regelmatigen veelhoek beschrijft, waarvan het getal der zijden *even* is; de middellijn [AE] door twee tegen elkander overstaande hoeken trekt, zoo als ook uit het uiteinde [E] van die middellijn de choorde [EB] naar het einde der zijde [AB] aan die middellijn grenzende; en zoo men eindelijk de zijden [AB en AH, BC en HG enz.] die op gelijken afstand van de middellijn zijn, door regte lijnen [BH, CG, DF], die alle de middellijn regthoekig snijden, vereenigt; zal de regthoek uit de middellijn [AE] en de gemelde choorde [BE] gelijk zijn aan den regthoek uit de zijde [AB] van den veelhoek, en de som van alle de lijnen [BH, CG, DF] die de zijden veréénigen.

ARCHIMEDES, *de Sphaera et Cyindro*, pr. 22.

BEREIDING. Men trekt CH, DH, DG enz. die de middellijn in L, M, N snijden.

BEWIJS. Uit de gelijkvormigheid der driehoeken, ABK, LKH, LCM, MGN, NDO, OFE, volgt de gedurige evenredigheid van  $BK : KA = HK : KL = CM : ML = GM : MN = DO : ON = FO : OE$ ; en uit IH. 18. die van  $BK : KA$  zoo als de som der voorgaanden tot die der volgende: en daarmit (door IV. 8. Gev. 5.) de gelijkheid der gemelde regthoeken.

I. AANMERKING. De veelhoek moet een getal zijden bezitten dat even is; want anders is de lijn AE geen middellijn, en de lijnen BH, CG, DF, zijn niet evenwijdig aan elkander, waarop de gelijkvormigheid der driehoeken rust.

II. AANMERKING. Heeft dit Voorstel plaats in het algemeen, dan heeft het ook plaats in die regelmatige veelhoeken, waarvan het getal zijden niet alleen even, maar ook eene vermenigvuldiging van vier is: en het is in dien zin, dat TACQUET dit Voorstel van ARCHIMEDES opgeeft, in zijne *Theoremata selecta ex Archimede* pr. 16: om dat het alleen dat geval is, het welk door ARCHIMEDES zelven, ter bepaling van den inhoud eens kloots, gebruikt wordt, gelijk nader in ons XII. Boek, zal getoond worden.

**XVI. VOORSTEL. Fig. 144.**

Indien men in een cirkelstuk [DAF], waarvan de grondlijn [DF] regthoekig staat op de middellijn, eenen regelmatig veelhoek beschrijft, waarvan het getal der zijden even is: en men trekt de choorde [BE] van het einde eener zijde [AB] die aan de middellijn grenst naar het einde der middellijn, zal de regthoek uit die choorde, en het gedeelte [AO] der middellijn tot aan de ontmoeting van de grondlijn [DOF] begrepen, gelijk zijn aan den regthoek uit eene zijde [BA] des veelhoeks, en de som van alle de lijnen [BK, CM, DO] die de zijden des veelhoeks op de zelfde wijze als in het voorgaand Voorstel veréénigen.

ARCHIMEDES, *de Sphaera et Cylindro*, pr. 23.

**BEREIDING.** De zelfde als in het voorgaand Voorstel.

**BEWIJZ.** Uit de gelijkvormigheid der driehoeken ABE, ABK, HKL, LCM, MGN, NDO, wordt afgeleid:  
 $AB : BE = AK : BK = LK : HK = LM : CM = MN : MG = NO : OD$ :

Waaruit door III. 18.  $AB : BE$  zoo als de som van alle de voorgaande tot die der volgende: en daaruit volgt (door IV. 8. Gevolg 5.) de gelijkheid der bewuste regthoeken.

**AANMERKING.** De beide aanmerkingen, op het voorgaand Voorstel gemaakt, gelden ook hier.

**GEVOLG.**

In het bewijs heeft men gezien dat

$AB : BE = AK + KL + LM + MN + NO + OE$   
 (zoo men den geheelen cirkel neemt):  $BK + HK + CM + MG + DO + OF$ :

of,  
 $AB : BE = AE : 2 [BK + CM + DO]$ .  
 Dit Voorstel is door VIETA opgegeven.

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DE EIGENSCHAPPEN VAN EENIGE BEPAALEN VEELHOEKEN IN DEN CIRKEL BESCHREVEN.

##### XVII. VOORSTEL. Fig. 142.

De loodlijn [CX] eens gelijkzijdigen driehoeks, in den cirkel beschreven, is de helft van den *radius*: de loodlijn, uit eenen van deszelfs hoeken op de overstaande zijde neder-  
gelaten, is anderhalfmaal de *radius*.

EUCL. XIV. 1. Cor. voor het eerste gedeelte.

BEWIJS. Voor het I. uit de beschouwing der gelijkzijdige driehoeken FCD en FED.

Voor het II. Uit het I.

##### XVIII. VOORSTEL. Fig. 142.

Het vierkant van de zijde des gelijkzijdigen driehoeks in den cirkel beschreven is het drievoud van het vierkant op den *radius*: of ook, is gelijk aan den regthoek uit de middel-  
lijn en de loodlijn uit den top des driehoeks op de grondlijn neder-  
gelaten.

EUCL. XIII 12. — L. G. IV. 4. Scholie.

BEWIJS.  $\frac{1}{4}$  □ op DF ∞ □ op DX ∞ □ op CD — □  
op CX (II. 16. Gev. 2).

maar □ op CX ∞  $\frac{1}{4}$  □ op CE of CD

endus  $\frac{1}{4}$  □ op DF ∞  $\frac{1}{4}$  □ op CD, of

□ op DF ∞ 3 □ op CD.

D. T. B. W. 1.

of □ op DF ∞ Regth. uit CD en 3 CD

∞ Regth. uit 2 CD en  $\frac{1}{2}$  CD

maar  $\frac{3}{2}$  CD = AX (XVII. Voorst.)

dus □ op DF ∞ regth. uit 2 CD en AX. D. T. B. W. 2.

AANMERKING. Zie STEDMAN *Phil. Trans.* vol. LXVI. p. 299: waarop HORSLEY zeer wel aanmerkt dat dit slechts een gevolg is van het geen in het algemeen voor *alle driehoeken* plaats heeft: dat is van het geen hier boven in Voorst IV. bewezen is: want in den gelijkzijdigen driehoek is de regthoek uit twee zijden het vierkant zelf op eene zijde.

GEVOLG.

De zijde des driehoeks is dus met betrekking tot den *radius* onmeetbaar.

XIX. VOORSTEL.

Het vierkant in den cirkel beschreven is het dubbeld van het vierkant van den *radius*, en de helft van dat op de middellijn.

I. GEVOLG.

Dus staat de zijde van het vierkant in den cirkel tot den *radius* als  $\sqrt{2} : 1$ .

AANMERKING. Die rede is de rede van de diagonaal tot de zijde in een vierkant: ook is de zijde van het vierkant in den cirkel beschreven, de diagonaal van dat op den *radius*.

L. G. IV. 3. Scholie.

II. GEVOLG.

Het vierkant op de middellijn is het vierkant om den cirkel, en dus ook om het ingeschreven vierkant, beschreven.

III. GEVOLG.

Indien men dan in een gegeven vierkant een vierkant beschrijft, en daarin wederom een vierkant, en altijd zoo voorts: zullen die vierkanten eene afnemende geometrische reeks 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  enz. uitmaken.

XX. VOORSTEL. Fig. 142.

Het vierkant van de loodlijn [CK] in den zeshoek, staat tot dat van den *radius*, of van de zijde van den zeshoek, als 3 tot 4.

BEWIJS. Om dat  $\square$  op CK  $\propto$   $\square$  op CF —  $\square$  op  $\frac{1}{2}$  CF  $\propto$   $\frac{1}{4}$   $\square$  op CF.

GEVOLG.

De loodlijn van den zeshoek kan uitgedrukt worden (indien  $r$  de *radius*, of de zijde des zeshoeks is) door  $\frac{1}{2} r \cdot \sqrt{3}$ , en is onmeetbaar met betrekking tot den *radius*.

XXI. VOORSTEL. Fig. 143.

Indien men den *radius* [CI] van den cirkel in uiterste en mid-

### III. Afd.: Over eenige bepaalde ingeschr. veelhoeken. 255

middelste rede deelt in Z, is het grootste stuk CZ de zijde van den tienhoek in den cirkel beschreven.

PAPPUS Coll. Math. V. 47. — L. G. IV. 5.

BEREIDING Men stelle  $IE = CZ$ : men trekke CE, EZ,

Uit II. 26. is

$$\angle CIE = \angle CEI = 2 \angle ICE$$

$$\text{maar } \angle CIE + \angle CEI + \angle ICE = 2 L: (L. 15.)$$

$$\text{dus } 5 \angle ICE = 2 L$$

$$\text{en } \angle ICE = \frac{2L}{5} = \frac{4L}{10}$$

dus  $IE = CZ$  de zijde van den tienhoek.

#### I. GEVOLG.

Dus is de zijde van den tienhoek *onmeetbaar* met betrekking tot den *radius*.

I. AANMERKING. Indien men den *radius* door  $r$  aanduidt; kan de zijde van den tienhoek uitgedrukt worden door  $\frac{r}{2} (\sqrt{5} - 1)$ , gelijk blijkt uit IV. 18. Aanm. 2.

#### II. GEVOLG.

De loodlijn [CK] van den vijfhoek is de helft der som van den *radius* (of zijde des zeshoeks) en van de zijde des tienhoeks te samen genomen.

EUCL. XIV. 1.

BEWIJS. Zoo  $IF = IE = CZ$  de zijde des tienhoeks is, is FE de zijde des vijfhoeks, en CK de loodlijn.

Nu is  $CK = CZ + ZK$ : maar  $IE = CZ = ZE$  (II. 27);  $ZK = KI$  (I. 27. Gev. 4.) dus  $CK = CZ + \frac{1}{2} ZI = CZ + \frac{1}{2} (CI - CZ) = \frac{1}{2} CZ + \frac{1}{2} CI = \frac{IE + CI}{2}$ .

II. AANMERKING. De grootte dier loodlijn CK wordt uitgedrukt door

$$\begin{aligned} \frac{r + \frac{r}{2} (\sqrt{5} - 1)}{2} &= \frac{2r + r(\sqrt{5} - 1)}{4} \\ &= r \frac{(2 + \sqrt{5} - 1)}{4} = r \frac{(1 + \sqrt{5})}{4}. \end{aligned}$$

III. AANMERKING. De geheele loodlijn BK, van den top des vijfhoeks op de overstaande zijde neder gelaten, is gelijk aan  $BC + CK$ , en wordt uitgedrukt door  $r + \frac{r(1 + \sqrt{5})}{4} = r \frac{(4 + 1 + \sqrt{5})}{4} = r \frac{(5 + \sqrt{5})}{4}$ .

III.

## III. GEVOLG.

Indien men de som van den *radius*, of zijde des zeshoeks, en van de zijde des tienhoeks neemt, is de geheele lijn in uiterste en middelste rede gesneden, en het grootste deel is de *radius*.

Want uit dit Voorstel is  $CZ$  de zijde des tienhoeks, en  
 $CI: CZ = CZ: ZI$ : dus  
 $CI: CZ + CI = CZ: CZ + ZI$  of  
 $CI: BZ = CZ: CI$  of  $BC$   
 dat is  $CZ: BC = BC: BZ$ .

EUCL. XIII. 9.

IV. AANMERKING. Dit kan korter bewezen worden uit IV. 16.

## XXII. VOORSTEL. Fig. 143.

Het vierkant van de zijde des vijfhoeks is gelijk aan de som der vierkanten van de zijde van den tienhoek, en van de zijde van den zeshoek, of van den *radius*.

EUCL. XII. 10.

BEREIDING. Zij  $Cb$  loodrecht op  $IE$ , of op de zijde des tienhoeks, en dus  $Ib = bE$ : Men trekke, uit  $I$ ,  $IO$ , naar het stip  $O$  daar  $Cb$  de lijn  $FE$ , zijde des vijfhoeks, snijdt: dus is  $IO = OE$ .

BEWIJS.  $\angle ECO = \frac{1}{2} \angle ICE$ ;  $\angle IFE = \frac{1}{2} \angle ICE$  (V. 5.) dus  
 $\angle ECO = \angle IFE$ : Maar  $\angle IFC = 2 \angle FCI$ , (om dat  $FI$  de zijde is van den tienhoek)  $= \angle FCE$ : dus  $\angle FCE - \angle ECO = \angle IFC - \angle IFE$ : of  $\angle OCF = \angle CFO$ : en dus 1°.  $OC = FO$ ; 2°. de derde  $\angle COF = \angle FCE$ , en  $\triangle FCO \sim \triangle FCE$

derhalve  $FE: FC = FC: FO$

Insgelijks  $\triangle EIO \sim \triangle FIE$ : en, dus

$FE: IE = IE: OE$ :

gevolgelyk (IV. 8. Gev. 5.)

$\square$  op  $IE + \square$  op  $FC \propto$  regth. uit  $OE$ ,  $FE +$  regth. uit  $FO$ ,  $FE \propto$  regth. uit  $FE$ ,  $FE \propto \square$  op  $FE$ .

AANMERKING. Het voorgaande bewijs is dat van EUCLIDES: CASTILLON heeft er een veel korter gegeven: (*Mem. de l'Acad. de Berlin* 1766. p. 358) te weten (IV. 22.)

$\square$  op  $ZI + \square$  op  $CI \propto 3 \square$  op  $CZ \propto 3 \square$  op  $IE$   
 en dus

$\square$  op  $ZI + \square$  op  $CI + \square$  op  $IE \propto 4 \square$  op  $IE \propto 4 \square$  op  $KE + 4 \square$  op  $IK \propto \square$  op  $FE + \square$  op  $ZI$ : en derhalve  
 $\square$  op  $CI + \square$  op  $IE \propto \square$  op  $FE$ .

I. GEVOLG.

De zijde van den vijfhoek is onmeetbaar met betrekking tot den *radius*, en insgelijks tot zijde des tienhoeks: zij wordt uitgedrukt door  $r \cdot \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{2}}$ .

BEWIJS. Uit dit Voorstel en XXI. Aanm. 1. Zij die zijde  $V$ : dan is  $V^2 = r^2 + \frac{r^2}{4}(\sqrt{5} - 1)^2 = \frac{r^2}{4}(4 + [\sqrt{5} - 1]^2) = \frac{r^2}{2}(5 - \sqrt{5}) = \frac{r}{2} \times r(5 - \sqrt{5})$ :

en dus  $V = r \cdot \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{2}}$ . Eene grootheid gelijk

$5 - \sqrt{5}$  is het geen EUCLIDES (X. 185.) noemt *vierde apotome*; te weten het verschil  $(5 - \sqrt{5})$  van twee grootheden ( $5$  en  $\sqrt{5}$ ) die alleen in magt ( $5^2$  en  $5$ ) en niet in lengte meetbaar, en verder zoodanig gesteld zijn, dat het verschil ( $20$ ) hunner vierkanten ( $25$  en  $5$ ) alléén in magt en niet in lengte (dat is niet  $\sqrt{20}$ ) meetbaar is met de grootste grootheid ( $5$ ). Eene lijn nu wier vierkant gelijk is aan den regthoek, uit eene meetbare lijn  $\left(\frac{r}{2}\right)$  en eene *vierde apotome* ( $r[5 - \sqrt{5}]$ ), is het geen EUCLIDES (X. 74.) noemt *kleine irrationele*, of *kleine onmeetbare*.

II. GEVOLG.

Het vierkant van de zijde  $[FE]$  van den vijfhoek, te samen met het vierkant van de choorde  $[FD]$  die twee zijden van den vijfhoek bespant, is gelijk aan vijf malen het vierkant van de zijde des zeshoeks, of van den *radius*.

BEWIJS.  $\square$  op  $FB + \square$  op  $FI = \square$  op  $BI = 4 \square$  op  $CI$ , maar  $\square$  op  $FE = \square$  op  $FI + \square$  op  $CI$ : dus  $\square$  op  $FB + \square$  op  $FE + \square$  op  $FI = 4 \square$  op  $CI + \square$  op  $FI + \square$  op  $CI$ : of  $\square$  op  $FB + \square$  op  $FE = 5 \square$  op  $CI$ .

EUCL. XIV. 2. Lemma.

III. GEVOLG. Fig. 145.

Indien men op de middellijn  $AB$ , uit het middelpunt  $C$ , de loodlijn  $CD$  trekt; vervolgens den *radius*  $CB$  in twee gelijke

R

ke



ke deelen deelt in E; DE trekt, en uit E met den *radius* EF den boog DF beschrijft; zal de choorde FD de zijde van den vijfhoek, en het stuk FC die van den tienhoek zijn in den cirkel beschreven.

BEWIJS. Regth. uit BF, FC, +  $\square$  op CE  $\infty$   $\square$  op FE  $\infty$   $\square$  op DE (II. 9.)

maar  $\square$  op DE  $\infty$   $\square$  op DC +  $\square$  op CE (II. 16)

dus regth. uit BF, FC  $\infty$   $\square$  op DC  $\infty$   $\square$  op BC

dus BF : BC = BC : FC (IV. 8. Gev. 6.) en

BF — BC : BC = BC — FC : FC (II. 8. N°. 3.)

of FC · BC of AC = AF : FC

of AC : FC = FC : AF;

en zoo is de *radius* AC in uiterste en middelfte rede gesneden: gevolgelyk is FC de zijde van den tienhoek (XXI. Voorstel): en

des, daar  $\square$  op FC +  $\square$  op CD  $\infty$   $\square$  op FD, is FD de zijde van den vijfhoek (door dit Voorstel).

II. AANMERKING. Dit Gevolg levert die gemakkelijke wijze op om eenen vijfhoek en eenen tienhoek in den cirkel te beschrijven, welke, PROBLEMAEUS heeft voorgesteld. *Almagestum Lib. I. Cap. 9.* Zie Werkstukken VI. 11. Oplossing 2.

### XXIII. VOORSTEL. Fig. 143.

De inhoud van eenen vijfhoek in den cirkel beschreven, is getijck aan den regthoek begrepen onder vijf zesde gedeelten van de choorde die twee zijden van den vijfhoek bespant, en anderhalf maal den *radius*.

EUCL. XIV. 4. *Lemma*: en zie bij CLAVIUS in het XIV. Boek, het 3. Voorstel.

BEWIJS. Daar  $\triangle FEC$  gelijkbeenig is, is  $\triangle FCE \infty$  Regth. uit  $\frac{1}{2}$  CE en FS  $\infty$  Regth. uit  $\frac{1}{2}$  CE en  $\frac{1}{2}$  FS  $\infty$  Regth. uit  $\frac{2}{3}$  CE en  $\frac{1}{3}$  FD: en dus is 5  $\triangle FCE \infty$  vijfhoek FEDBAF  $\infty$  5 Regth. uit  $\frac{2}{3}$  CE en  $\frac{1}{3}$  FD  $\infty$  Regth. uit  $1\frac{1}{2}$  CE en  $\frac{2}{3}$  FD.

## IV. A F D E E L I N G.

OVER DE EIGENSCHAPPEN DER VOLGENDE  
VEELHOEKEN MET BETREKKING TOT  
DE VOORGAANDE (\*).

## XXIV. VOORSTEL. Fig. 143.

Wanneer men de bogen, welke de zijden eens regelmatigigen veelhoeks, in den cirkel beschreven, bespannen, in twee gelijke deelen deelt; zullen de choorden van die bogen eenen nieuwen regelmatigigen veelhoek uitmaken die tweemaal zoo veel zijden zal hebben als de gegeven veelhoek: 2°. Iedere zijde [IE] van dien nieuwen, of volgende, veelhoek staat tot de helft [KE] van de zijde des eersten, of voorgaanden, veelhoeks, in onderdubbelde rede van de middellijn [BI] tot het gedeelte [BK] van dezelve door de zijde des voorgaanden veelhoeks afgesneden: 3°. De omtrekken der beide veelhoeken staan tot elkander in de zelfde rede: 4°. De inhoud van den nieuwen, of volgende, veelhoek staat tot dien van den eersten, of voorgaanden, als de radius [CI] van den cirkel tot de loodlijn [CK] van den eersten veelhoek; of 5°. zoo als de zijde FE van dien voorgaanden veelhoek tot de loodlijn [FS] uit het uiteinde [F] van deze zijde [FE] op den radius [CE] getrokken; of eindelijk 6°. in onderdubbelde rede van de middellijn [TE] tot het stuk TS van dezelve middellijn.

BEWIJS. Het eerste gedeelte spreekt van zelf.

VOOR HET II. en III. Indien de zijde FE in twee gelijke deelen in K verdeeld, en de middellijn IKB uit K op dezelve rechthoekig getrokken is, uit V. 6. en uit de gelijkvormigheid der  $\Delta\Delta$  IKE en IBE en KBE (IV. 2.).

VOOR HET IV. Uit de beschouwing, dat zoo g het getal van zijden in den eersten veelhoek is, die veelhoek gelijk is aan  $2g \times \Delta KCE$ , en de volgende veelhoek aan  $2g \times \Delta ICE$ : welke driehoeken tot elkander staan  $\approx CK:CI$ : en dus

(\*) Zie de III. Bepaling, bl. 235.

en dus staat de volgende veelhoek tot den voorgaanden als  $CI : CK$ .

VOOR HET V. en VI. Uit de gelijkvormigheid der driehoeken  $FSE$  en  $CBK$ , is  $CK : CE$  of  $CI = FS : EF = \sqrt{ST} \sqrt{TE} : (IV. 15. \text{ het 3. Gev.})$ ; en dus de volgende veelhoek tot den voorgaanden als  $FE : FS = \sqrt{TE} : \sqrt{TS}$ .

AANMERKING. Het laatste gedeelte is het schoon *Theorema* door den Heer HENNERT in het V. deel der *Verhandelingen van de Haarlemsche Maatschappij* bl. 250. gegeven; wij hebben het hier op eene eenvoudiger wijze bewezen. De Heer HENNERT gebruikt andere woorden; namelijk voor  $FS$  hoekmaat, of *sinus*, van den  $\angle FCE$  of middelpuntshoek: voor  $FE$ , of dubbelde  $KE$ , dubbelde hoekmaat van den halven middelpuntshoek: voor  $ST$  verkeerde hoekmaat (*sinus versus*) van  $\angle TCF$ , of supplement van den middelpuntshoek  $FCE$ : welke benamingen wij in het VIII. Boek zullen uitleggen.

#### I. GEVOLG.

De omtrek eens regelmatigigen veelhoeks in den cirkel beschreven is kleiner dan de omtrek des regelmatigigen veelhoeks, insgelijks in den cirkel beschreven, doch die een dubbeld getal zijden heeft.

#### II. GEVOLG.

De inhoud eens regelmatigigen veelhoeks in den cirkel beschreven is kleiner dan die van den regelmatigigen veelhoek, insgelijks in den zelfden cirkel beschreven, doch die een dubbeld getal zijden heeft.

#### III. GEVOLG.

Daar de veelhoek op  $FE$ : veelhoek op  $IE = CK : CI$ ; en  $CK : CI = CK : CE = FT : TE$ ; zoo is een veelhoek in den cirkel beschreven, tot den veelhoek, insgelijks in den cirkel beschreven, doch die een dubbeld getal zijden heeft, als de choorde van het supplement des boogs door de zijde des eerstgemelden veelhoeks bespannen, tot de middellijn.

VIETA, Oper. p. 398.

#### IV. GEVOLG.

Waaruit wederom volgt, dat zoo men eenen veelhoek heeft  
in

#### IV. Afd. : Over volgende veelhoek. met betr. tot voorgaande. 261

in den cirkel beschreven, en men door verdeeling der bogen in twee gelijke deelen eenen tweeden veelhoek beschrijft, die dus een dubbeld getal zijden heeft, vervolgens eenen derden, die wederom een dubbeld getal zijden heeft, en dan eenen vierden enz., de eerste veelhoek zal staan tot den laatsten (stel den  $n$ sten) als de samengestelde rede van alle de choorden der supplement-bogen, tot de magt  $n-1$  van de middellijn.

Dit is een Voorstel van VIETA (*Oper.* p. 399), het welk tot het vinden van den inhoud des cirkels zeer nuttig kan, zijn.

#### V. GEVOLG.

Door het vierde gedeelte van dit Voorstel kan men den inhoud eens veelhoeks, door middel van eenen veelhoek, die maar de helft van het getal zijden heeft, dat is, den inhoud van eenen *volgenden* door middel van eenen *voorgaanden* veelhoek, berekenen: en daar men als dan getallen moet gebruiken, zal men op het geen wij in het 9. Voorstel van het IV. Boek, de 5. Aanm. daarop gezegd hebben, moeten letten. Die uitdrukkingen dan gebruikende, is het getal waar door de inhoud van den voorgaanden veelhoek uitgedrukt wordt =  $2 g \times \Delta CKE = g \times CK \times KE$ : en dus is

Volgende veelhoek tot  $g \times CK \times KE = CI : CK$ : en  
volgende veelhoek  $\propto g \frac{\times CK \times KE \times CI}{CK} \propto$

$$g \frac{\times FE \times CI}{2} \propto (\text{zoo } CI = 1) \propto g \frac{\times FE}{2}$$

waaruit dit uitmuntend voorstel van LUDOLF VAN CEULEN (in zijn Boek over den cirkel, en ook te vinden bij SNELLIUS prop. 3.) volgt:

„Indien men de zijde eens veelhoeks in den cirkel beschreven, wiens *radius* gelijk aan de eenheid gesteld wordt, door het halve getal der zijden multipliceert, verkrijgt men den inhoud van den veelhoek die een dubbeld getal zijden heeft, en in den zelfden cirkel beschreven is.”

Zie hier over L. G. IV. 13.

#### VI. GEVOLG.

Daar de volgende veelhoek  $\propto g \frac{\times FE \times CI}{2}$  is, is een

veelhoek gelijk aan eenen driehoek wiens hoogte de *radius* en wiens grondlijn de omtrek is eens veelhoeks die maar half zoo veel zijden heeft als de gegeven veelhoek.

R 3

Dit

Dit is een zeer gewichtig Voorstel, door HUYGENS, in het bewijs van zijne 7. propositie *de vera Circuli magnitudine*, gegeven.

### VII. GEVOLG.

Dus is de inhoud van den zeshoek tot die van den driehoek (Fig. 142.) als  $CF: CX = 2:1$  (VIII. Voorstel, Gevolg 2.): dat is de zeshoek is het dubbeld van den driehoek. Deze is de 5. propositie van SNELLIUS.

### VIII. GEVOLG.

Dus is de inhoud van den twaalfhoek gelijk aan de helft van zesmaal de zijde van den zeshoek gemultipliceerd door den *radius*; of, gelijk aan drie malen het vierkant van den *radius* (VIII. Voorstel het 2. Gev.): of ook gelijk aan het vierkant van de zijde des gelijkzijdigen driehoeks (XVIII. Voorstel).

Het eerste is de 6. propositie bij SNELLIUS, waarover men HENNERT ter aangehaalde plaatse kan nazien: en het tweede is zijne 4. propositie.

### IX. GEVOLG.

Waaruit, en uit het XIX. Voorstel, wederom volgt: dat de inhoud van den twaalfhoek tot het vierkant in den cirkel beschreven, staat als 3: 2 en tot het vierkant op den diameter als 3: 4.

### XXV. VOORSTEL. Fig. 141.

Het vierkant van de zijde  $[FE]$  eens veelhoeks in den cirkel beschreven, staat tot den middelpunts-driehoek  $[FCI]$  van den veelhoek in den zelfden cirkel beschreven, doch die een dubbeld getal zijden heeft, als de halve zijde  $[KE]$  des eerstgemelden veelhoeks, tot het achste gedeelte van den *radius*.

BEWIJS.  $\Delta CIE: \Delta CEK = CI: CK$  (IV. 6.) dus

$\Delta CIE: \frac{1}{2}$  regh. uit  $CK, KE = CI: CK$  of

$\Delta CIE: \frac{1}{2} KE = CI: 1$

en dus  $\Delta CIE: \square$  op  $KE = CI: 2 KE$  (III. 10 het 2. Gev.)  
gevolgelyk

$\square$  op  $FE: \Delta CIE = KE: \frac{1}{2} CI$ .

AANMERKING. Dit is de fraaije propositie van den Heer HENNERT ter aangehaalde plaatse bl. 245, doch hier veel korter bewezen. Gemelde Heer gebruikt voor  $KE$  de uitdruk-

**IV. Afd.: Over volgende veelhoek, met betr. tot voorgaande. 263**

drukking *sinus* van den halven middelpunts-hoek: welke uitdrukking wij in het VIII. Boek verklaren zullen.

GEVOLG.

$$\Delta CIE: \square \text{ op } CI = \frac{1}{2} KE: CI:$$

dat is:

De middelpunts driehoek van eenen veelhoek staat tot het vierkant van den *radius*, als het vierde gedeelte van de zijde eens veelhoeks die maar het halve getal zijden bezit, tot den *radius*.

MENNERT p: 255.

**XXVI. VOORSTEL. Fig. 143.**

Indien een regelmatig veelhoek [EFABDE] in eenen cirkel beschreven is; zal de zijde [IE] eens regelmatig veelhoeks [EIFA, enz.] die insgelijks in den cirkel beschreven is, doch een dubbeld getal zijden heeft, middel-evenredig zijn tuschen den *radius* en het verschil [QE] van de middellijn [TE] met de choorde [FT] van het supplement [TAF] des boogs [FIE] die de zijde van den eerstgemelden veelhoek bespant.

BEREIDING. 1°. Men trekt uit C, Cb  $\perp$  op IE: welke de lijn KE in O snijdt.

2°. Door I en O de lijn IP op CE:

3°. Uit T met den *radius* TP den boog FQ. zoo dat  $TQ = TF$ : en dus  $QE = TE - TQ = TE - TF$ .

BEWIJS. Uit de bereiding, en uit I. 27. Gev. 3. volgt 1°. IO  $\perp$  OE: 2°. in  $\Delta CIO$  en in  $\Delta CEO$ ,  $\angle CIO = \angle CEO$ : waaruit 3°. in  $\Delta KOI$  en  $\Delta OPE$ ,  $KO = OP$ , en  $\angle OPE = \angle OKI = L$ : dus is IP  $\perp$  op CE: en dus 4°. in  $\Delta CKO$  en  $\Delta COP$ ,  $CK = CP$ : gevolgelijk eindelijk: 5°. uit  $\Delta TFE \sim \Delta KCE$ ,  $CK = \frac{1}{2} TF$ : en dus  $CP = \frac{1}{2} TF$ .

Dit gesteld zijnde is, uit  $\Delta TEI \sim \Delta IPE$ ,  $TE:IE = IE:PE$ : en dus (IV. 8. Gev. 5.)

$\square$  op IE  $\propto$  Regth. uit TE en PE

$\propto$  Regth. uit TE en [CE - CP]

$\propto$  Regth. uit TE en [CE -  $\frac{1}{2} TF$ ]

$\propto$  Regth. uit TE en [2 CE - TF]

$\propto$  Regth. uit  $\frac{1}{2} TE$  en [ $TE^2 - TF$ ]

$\propto$  Regth. uit CE en QE.

I. AANMERKING. Men vindt dit Voorstel bij SNELLIUS prop. 1:  
R 4

1: en reeds bij PTOLEMAEUS (*Almagestum Lib. 1. Cap. 9.*)  
 doch op deze wijze uitgedrukt,  
 $TE: IE \leftarrow IE: PE$ : maar  $PE = \frac{1}{2} [TE - TF] = \frac{1}{2} QE$ .

## GEVOLG.

Daar. dan  $\square$  op  $IE \propto$  Regth. uit  $\frac{TE}{2}$  en  $[TE - TF]$

en  $\square$  op  $TI \propto \square$  op  $TE - \square$  op  $IE$  (II. 16. Gev. 1.)  
 is  $\square$  op  $TI \propto$  Rh. uit  $TE$ ,  $TE -$  Rh. uit  $\frac{TE}{2}$  en  $[TE - TF]$

$\propto$  Regth. uit  $\frac{TE}{2}$  en  $[2 TE - TE + TF]$

$\propto$  Regth. uit  $\frac{TE}{2}$  en  $[TE + TF]$

Dit is het vermaard Voorstel door SNELLIUS gevonden, en waarvan het nut tot het vinden van den inhoud der veelhoeken zoo aanmerkelijk is: namelijk

„ Het vierkant op de choorde van het supplement des  
 „ boogs door de zijde van eenen veelhoek bespannen, is  
 „ gelijk aan den regthoek uit den *radius* en de som van  
 „ de middellijn met de choorde van het supplement des  
 „ boogs, die bespannen wordt door de zijde des veelhoeks  
 „ welke slechts het halve getal zijden heeft.”

II. AANMERKING. Dit Voorstel brengt zeer veel toe om gemakkelijk den omtrek van veelhoeken te vinden, waarvan het getal der zijden bestendig dubbeld genomen wordt: want een veelhoek, bijv. een zeshoek, of een vierkant, gegeven zijnde, berekent men eerst door dit Voorstel de zijde van den veelhoek die eens zoo veel zijden heeft: dan, door dit Gevolg, de choorde van den supplement-boog, dan wederom door het Voorstel de zijde van den volgende veelhoek, en zoo voorts: welke berekeningen alle in eene bestendige orde volgen; zoo als bij SNELLIUS te zien is, en insgelijks bij MONTUCLA *Hist. de la Quadrature du Cercle* p. 52.

## XXVII. VOORSTEL. Fig. 143.

Indien men uit het middelpunt [C] des cirkels loodlijnen [CI, CL] nederlaat, op de aan elkander liggende zij.

zijden  $[NG, Ga]$  van eenen regelmatigigen veelhoek  $[NGa \text{ enz.}]$  om den cirkel beschreven, en men trekt eenen *radius*  $[CEG]$  naar den hoek  $[G]$  welke de gemelde zijden onderling maken; zoo men eindelijk de hoeken  $[ICG, GCL]$  welke die straal met de gemelde loodlijnen wederzijds maakt, in twee gelijke deelen deelt, door lijnen  $CX, CY$ , die tot de zijden  $[NG, Ga]$  des veelhoeks  $[in X \text{ en } Y]$  verlengd worden, zal het volgende plaats hebben:

1°. De lijn  $XY$ , die de gemelde snijdingsstippen vereenigt, zal de zijde zijn van eenen nieuwen veelhoek om den cirkel beschreven, doch waarvan de zijden het dubbel in getal zullen zijn.

2°. Iedere zijde  $XY$  van dien nieuwen veelhoek staat tot de zijde van den gegeven veelhoek, als de *radius*  $[CE]$  van den cirkel tot de som van den *radius* des cirkels, en den *radius*  $[CG]$  des gegeven veelhoeks:

3°. De omtrekken der beide veelhoeken, van den nieuwen en van den gegeven, staan tot elkander, als de middellijn van den cirkel tot de som van den *radius* des cirkels en van den *radius* des eersten veelhoeks:

4°. De inhouden staan in de zelfde rede.

BEWIJS. VOOR HET I. Uit de gelijkheid der  $\Delta\Delta CIX$  en  $CYL$ , volgt  $CX = CY$ ,  $IX = LY$ , en dus  $XG = GY$ : waaruit (I. 27. het 5. Gevolg) volgt  $CE \perp$  op  $XY$ : en dan uit  $\Delta ICX = \Delta XCE$ ,  $CE = CI$ : dus raakt het stip  $E$  den cirkel, en is  $IX = XE$ : insgelijks  $EY = LY$ .

VOOR HET II. Uit IV. 12: op den  $\Delta VCE$  toegepast en dan uit de samentelling der redenen, door III. 8. N°. 1.

VOOR HET III. Uit de beschouwing dat, zoo de omtrek van den gegeven veelhoek is  $g \times IG$ : die van den nieuwen zijn zal  $2g \times IX$  of  $2g \times XE$ .

VOOR HET IV. Uit de beschouwing dat de inhouden zijn in samengestelde rede van de omtrekken en de loodlijnen (IV. 29.) en dat hier de loodlijn voor beide de veelhoeken de zelfde is, namelijk de *radius* van den cirkel.

### I. GEVOLG.

De zijde eens veelhoeks, om den cirkel beschreven, is kleiner dan de zijde van eenen veelhoek insgelijks om den zelfden cirkel beschreven, doch die slechts half zoo veel zijden heeft.



II. GEVOLG.

De omtrek of de inhoud van den eerstgemelden, is ook kleiner dan de omtrek of de inhoud van den laatsgemelden.

III. GEVOLG.

De zijde van eenen veelhoek om den cirkel beschreven, staat tot de zijde van den veelhoek in den cirkel beschreven, doch waarvan het getal zijden maar half zoo groot is, als de *radius* van den cirkel tot de som van den *radius* des cirkels en de loodlijn des laatstgemelden veelhoeks,

BEWIJS. Door ons Voorstel is

$$IX: IG = CI: CI + CG = CK: CK + CE: \text{ maar } IG: KE = \frac{CI: CK}{\text{---}} \text{ dus (III. 1a.)}$$

$$IX: KE = CI: CK + CE = XY: FE$$

Zie ook hier over L. G. IV. 14.

IV. GEVOLG.

Dus is de zijde van den zeshoek om den cirkel tot de zijde des driehoeks in den cirkel, als  $r: \frac{1}{2} r + r = 2: 3$ . (XVII. Voorstel).

SNELLIUS prop. 7.

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 143.

Een veelhoek in den cirkel beschreven is middel-evenredig tusfchen eenen veelhoek in den cirkel, en eenen veelhoek om den cirkel, doch die beiden slechts het halve getal zijden van den gegeven veelhoek bezitten: en de veelhoek om den cirkel is *harmonisch* middel-evenredig tusfchen den gelijkvormigen veelhoek in den zelfden cirkel beschreven, en den veelhoek om den cirkel beschreven, doch die slechts het halve getal zijden bezit.

SNELLIUS prop. 9. voor het I. gedeelte.

SAURIN, *Mem. de l'Acad.* 1723. p. 10. voor het II. gedeelte.

VOOR HET I. GEDEELTE. BEREIDING. Zoo IE de zijde is van den veelhoek in den cirkel, zijn FE en NG de zijden van de veelhoeken in en om den cirkel, die slechts het halve getal zijden hebben, en dus zijn die drie veelhoeken als

$$\Delta ICE: \Delta FCE: \Delta NCG = \Delta ICE: \Delta KCE: \Delta ICG.$$

*IV. Afd.: Over volgende veelhoek. met betr. tot voorgaande. 267*

$$\begin{aligned} \text{BEWIJS. } \triangle KCE: \triangle ICE &= KQ: IP \\ &= CK: CI \\ &= CE: CG \end{aligned}$$

$$\triangle ICE: \triangle ICG = KE: IG = CE: CG:$$

dus

$$\triangle KCE: \triangle ICE = \triangle ICE: \triangle ICG \text{ of}$$

veelh. op FE: veelh. op IE = veelh. op IE: veelh. op NG.

VOOR HET II. GEDEELTE. BEREIDING. Zoo NG en FE de zijden zijn van gelijkvormige veelhoeken om en in den cirkel, zal  $IL = FD$  de zijde zijn van eenen veelhoek in den cirkel, die het halve getal zijden heeft: en dus indien men CL tot aan de raaklijn NIH trekt, is IH de halve zijde van den veelhoek om den cirkel, welke het halve getal zijden bezit: en dus zijn de veelhoeken op NG, FE, en het dubbeld van IH, als de  $\triangle\triangle NCG, FCE$ , en ICH; of als

Het stuk ICLG, dat  $\infty \triangle NCG$  is, tot  $\triangle ICL$ , die  $\infty \triangle FCE$  is, en  $\triangle ICH$ .

Daar nu volgens de 23 Bepaling van het III. Boek drie grootheden *harmonisch* evenredig zijn, wanneer de eerste staat tot de derde als het verschil tusschen de twee eerste tot het verschil tusschen de twee laatste, moet men bewijzen dat,

$$\triangle ICL: \triangle ICH = \text{stuk ICLG} - \triangle ICL: \triangle ICH - \text{stuk ICLG.}$$

of

$$\triangle ICL: \triangle ICH = \triangle ILG: \triangle GLH.$$

$$\begin{aligned} \text{BEWIJS. } \triangle ICL: \triangle ICH &= CL: CH = CI: CH: \\ \triangle ILG: \triangle GLH &= IG: GH = CI: CH \text{ (IV. 12.)} \end{aligned}$$

dus

$$\triangle ICL: \triangle ICH = \triangle ILG: \triangle GLH: \text{ en dus veelhoek op NG } \textit{harmonisch} \text{ middel-evenredig tusschen veelhoek op FE, en veelhoek op het dubbeld van IH.}$$

AANMERKING. Dus is, bij voorbeeld, volgens het I. gedeelte van dit Voorstel, de zeshoek in den cirkel middel-evenredig tusschen den driehoek in, en den driehoek om den cirkel: en de zeshoek om den cirkel is *harmonisch* middel-evenredig tusschen den zeshoek in den cirkel, en den driehoek om den cirkel.

XXIX. VOORSTEL. Fig. 143. •

Indien men in een cirkelstuk [FIED] eenen gelijkbeenigen driehoek [FED] beschrijft, en wederom eenen gelijkbeenigen driehoek [FIE, ELD] in ieder der cirkelstukken die door de zijden [FE, ED] van den eerstgemelden driehoek [FED]

268 VI. Boek: Over de veelhoeken in en om den cirkel.

[F E D] gemaakt worden; zal deze driehoek [F E D] kleiner zijn dan het viervoud der beide andere driehoeken [F I E, E L D] te samen genomen.

HUYGENS de *Circuli Magn.* pr. 1.

BEREIDING. Men trekke IL, en dan EC loodregt op IL: waaruit volgt,  
 $FE = ED = IL$ : en  $\Delta IEL = \Delta ELD = \Delta FIE$ .

BEWIJS.  $\square$  op FE:  $\square$  op IE = ES: EP (V. 15. Gev.)

Maar FI = IE, en FI + IE > FE (I. 19.)

dus  $FE < 2 IE$ :

dus  $\square$  op FE:  $\square$  op IE < 4: 1: dus

ES: EP < 4: 1.

Insgelijks FD: IL of FE < 2: 1.

dus ES  $\times$  FD: EP  $\times$  IL < 8: 1.

Maar  $\Delta FED$ :  $\Delta IEL = ES$ . FD: EP. IL (IV. 8.)

dus  $\Delta FED$ :  $\Delta IEL < 8$ : 1. of

$\Delta FED < 8 \Delta IEL$ : en dus

$\Delta FED < 4 (\Delta FIE + \Delta ELD)$ .

XXX. VOORSTEL. Fig. 143.

Indien men in een cirkelstuk [I E L] dat kleiner is dan een halve cirkel, eenen gelijkbeenigen driehoek [I E L] beschrijft, en voorts op de zelfde grondlijn [IL] eenen gelijkbeenigen driehoek [I G L] wiens beenen [I G, L G] raaklijnen zijn van gelijke cirkelbogen [I E, L E]: zal de raaklijn [X E Y] die door den top E des eerstgemelden driehoeks [I E L] getrokken wordt, van den laatstgemelden driehoek [I G L] eenen driehoek [X G Y] afsnijden, die grooter is dan de helft van den eerstgemelden [I E L].

HUYGENS de *vera Circuli Magn.* pr. 2.

BEREIDING. Men trekke door G en E de lijn G E C, die dus op IL loodregt valt (I. 27. het 5. Gevolg).

BEWIJS.  $\Delta IGL$ :  $\Delta IEL = GP$ : EP (IV. 7.)

= IG: IX (IV. 2.)

$\Delta XGY$ :  $\Delta IGL = \overline{GX}^2$ :  $\overline{IG}^2$  (IV. 11.)

dus  $\Delta XGY$ :  $\Delta IEL = \overline{GX}^2$ : IX. IG

Maar GX > IX, en >  $\frac{1}{2}$  IG: (XXVII. Voorst. Gev. 1.)

dus  $\overline{GX}^2 > \frac{1}{2}$  IX. IG: en dus

$\Delta XGY > \frac{1}{2} \Delta IEL$ .

V.

## V. AFDEELING.

### OVER DE VEELHOEKEN DIE DOOR HET TREKKEN VAN DIAGONALEN IN EN UIT ANDERE VEELHOEKEN GE- VORMD WORDEN.

#### XXXI. VOORSTEL. Fig. 161.

In alle veelhoeken kan men zoo vele *diagonalen*, of lijnen die van eenen hoek naar de andere hoeken gaan, trekken, als er eenheden zijn in het getal  $\frac{g \times (g - 3)}{2}$ ; indien  $g$  het getal der zijden uitdrukt.

LEXEL, *Novi Commentarii Petropol.* T. XIV. p. 231.

BEWIJS. Er zijn  $g$  hoeken in de figuur: dus, indien men A niet mede rekent,  $g - 1$ : gevolgelyk kan men uit A, naar de andere hoeken  $g - 1$  lijnen AB, AD, AE, AF enz. trekken: uit den tweeden hoek B, kunnen  $g - 2$  dergelyke en van de vorige verschillende lijnen getrokken worden: namelijk BD, BE, BF enz.: want men telt nu de lijn BA, reeds uit A naar B getrokken, niet mede.

Uit den derden hoek zullen er  $g - 3$  dergelyke lijnen DE, DF enz. getrokken worden: en zoo voorts, tot dat men aan den hoek, die op éénen na de laatste is, komt, waaruit er maar ééne getrokken zal worden: dus is de som van alle de lijnen,  $\overbrace{g - 1} + \overbrace{g - 2} + \overbrace{g - 3} + \overbrace{g - 4} + \dots + 1$ , dat is de som van eene arithmetische reeks, die  $g - 1$  leden heeft, en daarom (III. 25.) ge-lyk aan  $\frac{(g - 1 + 1) \times g - 1}{2} = \frac{g \times g - 1}{2}$ : maar onder de-

ze lijnen zijn de  $g$  zijden van de figuur begrepen: de overige alleen, en niet deze, zijn diagonalen: dus is het getal der diagonalen

$$\frac{g \times g - 1}{2} - g = \frac{g(g - 3)}{2}.$$

#### I. GEVOLG.

Men kan dus *eerste*, *tweede*, *derde* diagonalen enz. noemen, de diagonalen die van iederen hoek [A] naar den tweeden [D], of naar den derden [E], of naar den vierden [F] volgende hoek gaan.

#### II. GEVOLG.

Indien dan de veelhoek regelmatig is, en dus in eenen cirkel be-

270 VI. Boek: Over de veelhoeken in en om den cirkel.

beschreven is, of zijn kan; zal de hoek welke iedere zijde A B van den veelhoek met de *eerste*, *tweede*, *derde*, enz. diagonaal, die uit het uiterste van die zijde getrokken wordt, een hoek zijn in den omtrek, die op den boog rust, welke door de zijde des veelhoeks als choorde bespannen wordt, of op eenen dubbelden, drievoudigen, viervoudigen boog, enz. rust: en dus zal die hoek gelijk zijn aan *een*, of aan *twee*, of aan *drie* enz. halve middelpunts hoeken; dat is, de *m*<sup>e</sup> diagonaal zal met de zijde uit wier uitersten zij getrokken wordt, eenen hoek maken  $= \frac{m \times 2 L}{g}$  (II. Bep. 14. het 1. Gevolg).

Die hoek zal gevolgelijk regt zijn wanneer  $\frac{2 m}{g} = 1$  : of  $m = \frac{g}{2}$ .

III. GEVOLG.

Doch de hoeken, welke twee achteréenvolgende diagonaalen [A D en A E bij voorbeeld] onderling maken, zijn altijd halve middelpunts-hoeken, en dus ieder  $= \frac{g L}{g}$  : gevolgelijk,

daar de hoek dien twee zijden onderling maken  $= \frac{g - 2 \times 2 L}{g}$

is, (II. Bep. 14. het 1. Gev.) zal de hoek, dien de *m*<sup>e</sup> diagonaal uit eenen hoek getrokken, maakt met de *n*<sup>e</sup> diagonaal uit den zelfden hoek getrokken, doch altijd van den anderen kant afgerkend,

gelijk zijn aan  $\frac{[g - 2 - (n + m)] 2 L}{g} = \frac{[g - n + m + 2] 2 L}{g}$

en dus zullen die hoeken regt zijn, wanneer  $2g - 2n - 2m - 4 = g$ , of  $\frac{g - 4}{2} = n + m$ .

IV. GEVOLG.

Indien men door de letter *n* uitdrukt de *hoeveelste* diagonaal eene diagonaal is; zal die *n*<sup>e</sup> diagonaal met de zijde van den veelhoek uit welke men begint te tellen, en waaruit zij getrokken is, *n* + 1 zijden van den veelhoek, als choorde, aan den eenen kant bespannen, de eerste diagonaal namelijk twee, de tweede drie zijden, enz. en dus aan den anderen kant *g* — (*n* + 1) zijden.

V. GEVOLG.

Zoo dan  $g$  een even getal is, en  $g - n + 1 = n + 1$  of  $g = 2n + 2$ : of  $\frac{g-2}{2} = n$ , zal die  $n^e$  diagonaal door het middelpunt gaan; en men, zal tusfchen de zijde van waar men telt, en het middelpunt, geen diagonaal van hooger rang kunnen trekken: en alle de  $n^e$  diagonalen, indien  $n$  bestendig  $= \frac{g-2}{2}$ , zullen elkander in het middelpunt C ontmoeten.

Maar zoo  $n < \frac{g-2}{2}$  ( $g$  altijd een even getal zijnde) zal men nog, alvorens tot het middelpunt te komen, diagonalen van eenen hooger rang kunnen trekken: en die van den rang  $n$  zullen elkander buiten het middelpunt ontmoeten, en dus door hare ontmoeting verscheide veelhoeken vormen. Eindelijk zal dan het getal  $\frac{g-2}{2} - 1$  of  $\frac{g-4}{2}$  aanduiden, welke de diagonalen van den hoogsten rang zijn, die elkander buiten het middelpunt snijden.

VI. GEVOLG.

Maar zoo  $g$  een oneven getal is, kan er geen diagonaal door het middelpunt gaan (II. 36.), en dus ook niet de  $n^e$  diagonaal, die namelijk welke aan den eenen kant  $n + 1$  en aan den anderen  $g - n + 1$  zijden bespant: zoo dan  $n$  de hoogste diagonaal is die men trekken kan, zal dezelve  $n + 1$  zijden bespannen, de volgende zal aan den anderen kant ook  $n + 1$  zijden bespannen: en er is nog eene zijde tusfchen de twee diagonalen: dus is het getal zijden, of  $g = n + 1 + n + 1 + 1 = 2n + 3$ : gevolgelyk is  $n = \frac{g-3}{2}$  de hoogste diagonaal die men tusfchen eene zijde en het middelpunt trekken kan, indien het getal  $g$  der zijden oneven is.

XXXII. voorstel. Fig. 79, 80 en 161.

Alle de diagonalen, die men in eenen regelmatig en veelhoek trekken kan, zullen, 1°. door hunne onderlinge ontmoetingen binnen denzelfden, zoo vele gelijkvormige veelhoeken vormen als

als er eenheden zijn in het getal  $\frac{g-3}{2}$  zoo het getal  $g$  der zijden oneven is; en in het getal  $\frac{g-4}{2}$  zoo het getal der zijden even is.

2°. Die veelhoeken zijn alle om het middelpunt des gegeven veelhoeks regelmatig geplaatst: doch de eerste omgekeerd ten opzichte van den gegeven; de tweede regt; de derde omgekeerd enz.: zoo dat de lijn die door den top van eenen der hoeken en het middelpunt getrokken wordt, beurte- lings of door de toppen der tegenovergestelde hoeken gaat, of loodregt door de aan elkander evenwijdige zijden van de gevormde veelhoeken, zoo het getal der zijden even is; en bestendig door den top, en loodregt door het midden der tegenoverstaande zijde van iederen veelhoek gaat, zoo het getal der zijden oneven is.

3°. Eindelijk, die veelhoeken worden gevormd, de eerste door de ontmoeting van alle de eerste diagonalen, de tweede door de ontmoeting van alle de tweede, de derde door de ontmoeting van alle de derde diagonalen, enz. die uit iederen hoek getrokken worden.

VOORBEELDEN. Fig. 80. In den zeshoek is  $\frac{g-4}{2} = 1$ , en er wordt een zeshoek  $UPQRST$  binnen den gegeven zeshoek  $ABCDEFG$  gevormd.

Fig. 79. Voor den vijfhoek is  $\frac{g-3}{2} = 1$ : en er wordt een vijfhoek  $ON \propto xy$  binnen den vijfhoek  $GBEHK$  gevormd.

Fig. 161. Voor den tienhoek is  $\frac{g-4}{2} = 3$ : en er worden binnen den tienhoek  $ABCDEFGHIKL$  drie tienhoeken gevormd: namelijk,  $PQRSTVXYZU$ :  $abcde fghik$ :  $lmnapqrstu$ .

Verder, in Fig. 161. gaat de middellijn  $BCI$  door de toppen  $c$  en  $h$  des tweeden veelhoeks: doch bestendig loodregt door de zijden  $PQ$  en  $XV$  des eersten, en de zijden  $mn$  en  $sr$  des derden. Doch die zelfde middellijn gaat door den top  $B$  en de zijde  $KH$  van den vijfhoek  $GBEHK$ : en door de zijde  $ON$  en den top  $x$  van den vijfhoek  $ON \propto xy$ : even als in Fig. 80.

BEWIJS L. Er kunnen zoo vele rangen van diagonalen zijn als er een-

## V. Afdeeling: Over de veelhoeken gevormd door diagon. 279

eenheden zijn in het getal  $\frac{g-3}{2}$  of  $\frac{g-4}{2}$ , naar mate dat het getal van zijden oneven of even is (XXXI. Voorstel, 5 en 6 Gev.).

Maar, alle de diagonalen van iederen rang maken eenen veelhoek uit, van zoo vele zijden als er diagonalen van den zelfden rang zijn in den gegeven veelhoek; dat is, van zoo vele zijden als er in den gegeven veelhoek zijn:

Dus zullen er  $\frac{g-3}{2}$  of  $\frac{g-4}{2}$  veelhoeken geboren worden, naar mate  $g$  oneven of even is

Die veelhoeken zijn regelmatig: want het is klaarblijkelijk dat (Fig. 80. 161.)  $\triangle ABQ \equiv \triangle QDE$ : en  $\triangle ABP \equiv \triangle DRE$  en dus dat  $PQ \equiv QR$ ;  $\angle PQR \equiv \angle ABD$ : enz. voor de hoeken en zijden van alle de driehoeken.

II. Daar (Fig. 80.)  $\triangle BQD$  gelijkbeenig is, valt het stip  $Q$  op de loodlijn die uit het midden  $L$  der zijde  $BD$  getrokken wordt, en door het middelpunt gaat: dus  $\angle PQC \equiv \angle CQR$ : en  $\triangle PCQ \equiv \triangle QCR$ : dus  $PC \equiv CQ \equiv CR$ : of  $C$  is het middelpunt van dien veelhoek: en dus ook voor alle anderen: waaruit het overige van de tweede stelling volgt.

III. Het derde is van zelf blijkbaar.

### I. GEVOLG.

Indien het getal der zijden van den gegeven veelhoek *oneven* is, dienen alle de diagonalen tot de vorming van de nieuwe veelhoeken; doch zoo het *even* is, zijn alle de diagonalen welke door het middelpunt gaan daartoe onnuttig; en deze zijn altijd  $\frac{g}{2}$  in getal. Dus zijn in Fig. 80. drie diagonalen  $AE$ ,  $BF$ ,  $DG$  onnuttig: in den tienhoek van Fig. 161. zijn er vijf,  $AH$ ,  $BI$ ,  $DK$ ,  $EL$ ,  $FG$ .

### II. GEVOLG.

Het valt niet moeilijk de grootte der zijden en loodlijnen van alle die veelhoeken, zoo wel onderling, als met betrekking tot den gegeven veelhoek te bepalen: mits men hier aanneme het geen wij in het VIII. Boek over de *sinus*en zullen zeggen.

Namelijk (Fig. 161.) zoo de zijden *even* in getal zijn, is de loodlijn  $Cz$  de *sinus* des hoeks  $EGF$ , die de helft is van den middelpuntshoek  $ECF$ .

De loodlijn  $Ca$  is de *sinus* van den hoek  $DGF = \frac{1}{2}$  middelpuntshoeken; de loodlijn  $C\beta$  is de *sinus* van den hoek  $BGF$  die gelijk is aan  $\frac{3}{2}$  middelpuntshoeken: en de loodlijn  $C\gamma$  is de *cosinus* van den hoek  $GC\gamma$ , die gelijk is aan  $\frac{1}{2}$  middelpuntshoek.

Indien men dan den *binnensten* veelhoek den *eersten* noemt,



en alle de anderen vervolgens, iederen in zijnen rang, den II, den III, enz. heeft men deze evenredigheid:

Loodlijn van den I, tot loodlijn van den II, tot loodlijn van den III, tot loodlijn van den IV, enz. — — — tot loodlijn van den gegeven veelhoek,  $= \sinus \frac{1}{2}$  middelpuntshoek:  $\sinus \frac{2}{2}$  middelpuntshoeken:  $\sinus \frac{3}{2}$  middelpuntshoeken:  $\sinus \frac{4}{2}$  middelpuntshoeken: enz. — — — tot  $\cosinus \frac{1}{2}$  middelpuntshoek.

Doch, zoo het getal der zijden *oneven* is, is  $\angle EGF = \frac{1}{2}$   $\angle EGH = \frac{1}{2}$   $\angle ECH = \frac{1}{2}$  middelpuntshoek: vervolgens  $\angle BGF = 3 \angle EGF = \frac{3}{2}$   $\angle ECH = \frac{3}{2}$  middelpuntshoek: enz. altijd met  $\frac{1}{2}$  middelpuntshoek opklimmende: en dus is

Loodlijn I veelhoek, tot loodlijn II veelhoek, tot loodlijn III veelh. enz. — — — tot loodlijn van den gegeven veelhoek  $= \sinus \frac{1}{2}$  middelpuntshoek:  $\sinus \frac{2}{2}$  middelpuntshoek:  $\sinus \frac{3}{2}$  middelpuntshoek: enz. — — — tot  $\cosinus \frac{1}{2}$  middelpuntshoek.

De zijden of omtrekken staan in de zelfde rede (IX. Voorst. en IV. 28).

### III. GEVOLG.

Indien het getal der zijden *even* is, wordt de *binnenste* veelhoek, die namelijk welke het digtst bij het middelpunt is, door diagonalen van den rang  $\frac{g-4}{2}$  gevormd (XXXI. Voorst.

5. Gev.): die diagonaal maakt dus op de zijde, uit welke zij getrokken is, eenen hoek  $= \frac{(g-4) \cdot 2 \cdot L}{2g} = \frac{g-4}{g} L$ , en dus, daar twee naastliggende zijden  $[AB, AG]$  eens veelhoeks onderling eenen hoek maken  $= \frac{(g-2) \cdot 2 \cdot L}{g}$  (II. Bep. 14.

het 1. Gev.) zal die diagonaal met de tweede van die beide zijden,  $[met AG]$  eenen hoek maken  $= \frac{(g-2) \cdot 2 \cdot L}{g} - \frac{(g-4)}{g} L$

$= L$ : gevolgelyk zijn de diagonalen, welke den binnensten veelhoek vormen, juist die gene welke loodregt staan op de zijden waarop zij getrokken worden: die dus de aan elkander evenwijdige zijden vereenigen: deze binnenste veelhoek is dan die van welken wij in het XXXV. Voorstel van het II. Boek en in het XIV. (het 7. Gevolg), van dit Boek, na den Heer DU RAY, gesproken hebben, en die het verschil is tuschen den regelmatigigen veelhoek om, en den regelmatigigen veelhoek in den cirkel beschreven.

Dit

Dit zelfde blijkt ook uit het geen wij in het voorgaande gevolg gezegd hebben; want de loodlijn van dien binnensten veelhoek is gelijk aan  $\sinus \frac{1}{2}$  middelpuntshoek: dus gelijk aan de halve choorde van den middelpuntshoek; dat is gelijk aan de halve zijde van den gegeven veelhoek.

XXXII. VOORSTEL. Fig. 80, 161.

Indien het getal der zijden van eenen regelmatigigen veelhoek *even* is, en men de twee naastliggende zijden door diagonalen, en dus door diagonalen van den eersten rang, vereenigt, zullen er twee gelijke en gelijkvormige veelhoeken geboren worden, wier zijden half zoo veel in getal zijn als de zijden in den gegeven veelhoek.

VOORBEELDEN. In Fig. 80. worden twee gelijkzijdige driehoeken ADF, BEG: en in den tienhoek van Fig. 161. worden twee vijfhoeken ADFILA, en GBEHKG gevormd.

BEWIJS. Indien men eenigen hoek B voor den eersten aanneemt, zullen de diagonalen getrokken van den eersten hoek B naar den derden E, van den derden E naar den vijfden H enz. tot dat men weder op den eersten te rug komt, eenen regelmatigigen veelhoek uitmaken, die het halve getal zijden hebben zal.

Indien men diagonalen trekt van den tweeden hoek D naar den vierden F, van den vierden F naar den zesden I enz.: zal er wederom een gelijke en gelijkvormige veelhoek ontstaan.

Maar de diagonalen van den derden hoek E naar den vijfden H, van den vijfden naar den zevenden enz. behoren reeds tot den eersten veelhoek: en die van den vierden hoek naar den zesden, van den zesden naar den achtsten enz. behoren reeds tot den tweeden veelhoek: dus kunnen er maar twee dergelijke veelhoeken geboren worden.

I. AANMERKING. Het blijkt van zelf waarom wij in het Voorstel zeggen *indien het getal van zijden even is*: want in eenen veelhoek, die een oneven getal zijden bezit, kan men door het trekken van diagonalen van den eersten rang geen nienwen veelhoek doen geboren worden.

I. GEVOLG.

De zijden van die beide veelhoeken liggen in de zelfde rigting als de zijden van den eersten innerlijken veelhoek, PQRSTVXYZU, waarvan wij in het XXXII. Voorstel gesproken hebben: doch beurtlings; de eerste namelijk, de derde, de vijfde, van deze laatstgemelde zijden, of PQ, RS, TV enz. zullen tot den eersten, doch de tweede, vierde, zesde enz., of QR, ST, VX enz. tot den tweeden veelhoek behoren.

II. GEVOLG.

De zijden van die beide veelhoeken zijn dus slechts verlengingen van de zijden des innerlijken veelhoeks; zoo dat derzelver hoeken beurtelings gevormd worden door de onderlinge ontmoeting van de verlengde *even* zijden des innerlijken veelhoeks, en van de verlengde *oneven* zijden des zelve.

III. GEVOLG.

Men zal, door de verlenging der zijden, alle de innerlijke veelhoeken, ontstaan op de wijze in het XXXII. Voorstel gemeld, ieder in twee regelmatige veelhoeken veranderen, die de helft van het getal zijden zullen hebben van den gegeven veelhoek: en daar de zijden dier nieuwe veelhoeken de verlengingen zijn der zijden van de innerlijke veelhoeken uit welken zij gevormd worden, zijn zij ook deelen van de tweede diagonalen voor de veelhoeken uit den tweeden innerlijken veelhoek gevormd: van de derde diagonalen voor de veelhoeken uit den derden innerlijken veelhoek gevormd en zoo voorts.

IV. GEVOLG.

De hoek, welken de *m*e diagonaal met de eerste uit het zelfde stip getrokken maakt, is (XXXI. Voorst. 2. Gev.)  $= \frac{m-1}{g} \times \frac{2}{g} L$ : en dus zal die hoek regt zijn, wanneer  $\frac{m-1 \times 2}{g} = 1$ : of  $m = \frac{g+2}{2}$  is: maar de eerste diagonaal is hier de zijde van den nieuwen veelhoek, en dus wanneer  $m = \frac{g+2}{2}$ , is, is die *m*e diagonaal de loodlijn uit het einde der zijde van den nieuwen veelhoek op dezelve getrokken. ●

V. GEVOLG.

Indien dan het getal der zijden van eenen veelhoek wel *even*, doch deszelfs helft *oneven* is, (zoo als voor den tienhoek) zal de nieuwe veelhoek (bij v. de vijfhoek G B E H K) een *oneven* getal zijden bezitten: en de gemelde *m*e diagonaal van den eersten veelhoek zal, zoo  $m = \frac{g+2}{2}$  (voor den tienhoek de zesde G I) de loodlijn zijn die op de zijde van den nieuwen veelhoek opgericht, den innerlijken gelijkvormigen veelhoek (δελαφ) waarvan wij hier boven in het XXXV. Voorst.

Voorstel van het II. Boek, en in het 7. Gevolg van het XIV van dit Boek, na den Heer DU FAY, gesproken hebben, helpt uitmaken, en welke veelhoek het verschil is tusschen den veelhoek van een *oneven* getal zijden om den cirkel, en den gelijkvormigen veelhoek binnen den cirkel beschreven (Voorstel XIV. Gevolg 5, 6, 7.); doch daar er  $g - 3$  diagonalen uit eenen hoek kunnen getrokken worden,

zullen nog  $g - 3 - \left(\frac{g-2}{2}\right)$  dat is  $\frac{g-8}{2}$  diagonalen over-

rig blijven: en dus, van den anderen kant beginnende te tellen, zoo als wij tot nu toe gedaan hebben, is de gemelde

diagonaal de  $\frac{g-8}{2} + 1$  of de  $\left(\frac{g-6}{2}\right)^e$ ; En dus indien

men een veelhoek van een oneven getal zijden heeft, denzelfden vooronderstelt in eenen cirkel beschreven, en uit denzelfden, door verdeeling der bogen in twee, gelijke deelen, eenen veelhoek van een dubbeld getal zijden vormt, zullen de

$\left(\frac{g-6}{2}\right)^e$  diagonalen van dezen nieuwen veelhoek, door hare

ontmoetingen, eenen gelijkvormigen veelhoek vormen, waarvan de zijden, door hare verlenging, zoo als in dit Voorstel gezegd is, twee veelhoeken zullen uitmaken, die aan den eersten gegeven gelijkvormig zijn zullen, aan elkander gelijk, en bovendien gelijk aan het verschil dat er is tusschen den gegeven veelhoek en den gelijkvormigen om den cirkel beschreven, zoo als wij hier boven in navolging van Heer DU FAY gezegd hebben.

II AANMERKING. Men ziet hieruit hoe het Voorstel van den Heer DU FAY voor de oneven veelhoeken indedaad maar een gevolg is van zijn Voorstel voor de even veelhoeken; en dat het juist daarvan afhangt dat er binnen den gegeven oneven veelhoek niet slechts een, zoo als voor de even veelhoeken, maar twee veelhoeken gevormd worden, die aan het vereischte voldoen. Men zoude zelfs de beide voorstellen met de zelfde woorden kunnen uitdrukken: want de lijnen, welke de evenwijdige zijden vereenigen van veelhoeken, die een even getal zijden bezitten, zijn loodrecht op die zijden: en dus is het algemeen Voorstel dit: „indien men uit ieder der hoeken van eenen regelmatigen „veelhoek loodlijnen op de zijden trekt, zullen die lood- „lijnen door hare onderlinge ontmoeting eenen nieuwen „regelmatigen en met den gegeven gelijkvormigen veelhoek „vormen, zoo het getal der zijden in den gegeven *even* „is: doch zij zullen twee gelijke en gelijkvormige vor- „men, zoo het getal dier zijden *oneven* is.”

III. AANMERKING. Het spreekt van zelf dat ieder van die nieuwe veelhoeken weder door diagonalen verdeeld kan worden.

#### XXXIV. VOORSTEL.

Indien men de zijden eens regelmatigen veelhoeks wederzijds verlengt, en de stippen, in welke die verlengde zijden elkander ontmoeten, door lijnen vereenigt; zullen deze lijnen zoo vele regelmatige, met den gegeven gelijkvormige, en om het zelfde middelpunt beschreven, veelhoeken uitmaken,

als er eenheden begrepen zijn in het getal  $\frac{g-4}{2}$ , zoo de

zijden van den gegeven veelhoek *even*, of in het getal  $\frac{g-3}{2}$ ,

zoo zij *oneven* in getal zijn.

VOORBEELDEN. Uit den vijfhoek  $ON \times xy$  Fig. 79. komen de stippen  $CBEHK$ , die de punten van eenen vijfhoek maken. Uit den zeshoek  $UPQRST$ , fig. 80. komen door de verlenging der zijden  $UP$  en  $QR$ ,  $PQ$  en  $RS$ ,  $QR$  en  $ST$ ,  $RS$  en  $TU$ ,  $TS$  en  $UP$ ,  $UT$  en  $PQ$ , de stippen  $B, D, E, F, G, A$  die een nieuwen zeshoek uitmaken: in fig. 162 komen er uit den gegeven tienhoek,  $emnopqrst$ , drie tienhoeken: namelijk door verlenging der zijden  $em$  en  $no$ ,  $mn$  en  $op$ ,  $no$  en  $pq$  enz. altijd eene zijde tusschen beiden latende, de tienhoek  $aNbvcxdyeo$ : door verlenging der zijden  $em$  en  $op$ ,  $nm$  en  $pq$ ,  $no$  en  $qr$  enz. altijd twee zijden tusschen beiden latende, de tienhoek  $MSTVUXPYRQ$ : eindelijk door verlenging der zijden  $mn$  en  $qr$ ,  $no$  en  $rs$ ,  $op$  en  $st$  enz., altijd drie zijden tusschen beiden latende, de tienhoek  $EFHIKLGABD$ .

BEWIJS I. De twee over elkander staande zijden van eenen regelmatigen veelhoek, welke evenwijdig aan elkander zijn, zijn door een

getal  $\frac{g-2}{2}$  zijden van elkander verwijderd: doch deze, hoe ook verlengd zijnde, kunnen elkander nimmer ontmoeten: dus zal een

derzelve maar  $\frac{g-2}{2} - 2$  dat is  $\frac{g-4}{2}$ , verlengde zijden kun-

nen ontmoeten, en er zullen dus maar  $\frac{g-4}{2}$  veelhoeken gevormd worden

II. Indien men in eenen veelhoek, waarvan de zijden *oneven* in getal zijn, eene zijde neemt, zijn er tusschen dezelve en den over-

staanden top  $\frac{g-1}{2}$  zijden begrepen, en dus zal die zijde, ver-

lengd zijnde,  $\frac{g-1}{2} - 1$  of  $\frac{g-3}{2}$  verlengde zijden, wederzijds,

ont-

## V. Afdeling: Over de veelhoeken gevormd door diagon. 279

ontmoeten: en gevolgelyk door die ontmoeting de toppen van even zoo vele veelhoeken vormen, die alle regelmatig zullen zijn, en om het zelfde middelpunt beschreven.

**I. AANMERKING.** De uiterlijke veelhoeken, dus door samenstelling uit den gegeven veelhoek geboren, zijn, op den gegeven en den laatsten na, niet de zelfde welke uit dezen, door het trekken van diagonalen, gevormd worden op de wijze in het XXXIII. Voorstel aangewezen: dus zijn in fig. 162 en 161, de veelhoeken *emnopqrstv* en *ABDE FHIKLG* de zelfde: de beide overige tienhoeken zijn verschillende; doch in den tweeden, *aNbvcxgyeO*, komen de stippen *N, v, x, y, O*, overeen met de stippen welke door de zelfde letters uitgedrukt worden in Fig. 161. en het valt ook niet moeilijk te onderscheiden welke lijnen het zijn, in de figuur 161, die de stippen, in de figuur 162 door *Q, R, S, T, U* uitgedrukt, en den derden tienhoek uitmakende, doen geboren worden; doch om dit duidelijker te maken hebben wij de hoeken, welke door de ontmoeting dier lijnen gevormd worden door grovere stippen aangewezen.

**II. AANMERKING.** Indien men de stippen, daar de verlengde zijden elkander ontmoeten, niet door lijnen vereenigt, zullen die stippen de kruinen zijn van regelmatige sterachtige figuren, om den gegeven veelhoek beschreven, en waarvan de verlengde zijden des veelhoeks de zijden zijn.

# Z E V E N D E   B O E K.

OVER DEN OMTREK, EN DEN INHOUD VAN  
DEN CIRKEL.

## I. A F D E E L I N G.

OVER DE LIMITEN DER GROOTHEDEN  
EN DER REDEN.

### V O O R B E R I G T.

Ik vind het noodig, alvorens tot het hoofdonderwerp van dit Boek over te gaan, en hetzelfde uit streng wiskundige grondbeginsels afte leiden, iets over die grondbeginsels zelve, namelijk over de leer der *Limiten*, of *Grenspalen*, van veranderlijke grootheden te zeggen: al ware het slechts om de verkeerde begrippen, en alleszins onnaauwkeurige bewijzen, door sommige nieuwere wiskundigen voorgedragen, tegen te gaan. NEWTON heeft reeds over de *Limiten*, onder den naam van *rationes primae et ultimae*, in de eerste afdeeling des eersten boeks zijner *Principia* gehandeld. MACLAURIN heeft die zelfde stoffe, in den trant der Ouden, vooral van ARCHIMEDES, uitmuntend uitgelegd in de Inleiding van zijne *Treatise on Fluxions*: waarin hij door ROBERT SIMSON is gevolgd, van wien men, in zijne *Opera Posthuma*, eene Verhandeling deswegens aantreft onder den titel van *de Limitibus quantitatum et rationum fragmentum*. Men kan ook raadplegen het geen daar over gezegd is geworden door LA CHAPELLE *Institutions de géométrie*, Tome II. §. 433 seqq. en door D'ALEMBERT, zoo wel in de *Encyclopedie*, op het woord *Limite*, als in de *Mélanges de Philosophie*, Tome V. p. 239. Maar niemand onder de latere Schrijvers heeft over deze stoffe vollediger en naauwkeuriger geschreven dan L'HUIJLIER, in zijne *Exposition des principes des Calculs supérieurs*, Chap. I: en naderhand in zijne *Principiorum Calculi differentialis et Integralis expositio*. Ik zal uit die Schrijvers het weinige dat onmiddellijk tot mijn bestek behoort ontleenen, en in eene geregelde orde voordragen. Voorbeelden zullen hier wel het meeste afdoen om een duidelijk begrip van *Limiten* te bekomen.

### L. B E P A L I N G.

Indien eenige grootheid [A], door vermeerdering, of  
door

door vermindering, aan eene andere grootheid [L] hoe langer hoe nader komt, zonder echter dezelve immer te kunnen overtreffen of evenaren; wordt die tweede grootheid [L] de *Limiet* van de eerstgemelde [A] genoemd; en wel de *Limiet* in *grootte* zoo de grootheid [A] aan de *Limiet* [L] bij *vermeerdering*, doch de *Limiet* in *kleinheid*, zoo zij aan dezelve bij *vermindering* hoe langer hoe nader bijkomt.

## I. GEVOLG.

Daar de grootheid A, door bestendige vermeerdering of vermindering, aan de grootheid L, dat is aan hare *Limiet*, altijd nader en nader komt; volgt het, dat zij zoodanig vermeerderd of verminderd kan worden, dat zij van hare *Limiet* minder verschillen zal dan eenige mogelijke gegeven grootheid bedraagt, hoe klein die ook zijn moge.

## VOORBEELDEN.

I. VOORBEELD. Fig. 121. De *raaklijn* AT, is de *limiet* in *kleinheid* van alle de *snijlijnen* AH, AE, enz.: die uit het zelfde stip A tot den hollen omtrek van den cirkel getrokken kunnen worden, en de *limiet* in *grootte* van alle de lijnen AR, AS, enz., die slechts tot aan den hollen omtrek komen.

AANMERKING. Men zoude, doch in eenen *oneigenlijken zin*, kunnen zeggen, dat de middellijn de *limiet* is in *grootte* van alle de choorden, indien niet de middellijn zelve in den *eigenlijken zin* tot de choorden behoorde; en dus eene grootheid is, die door eene *choorde*, *choorde blijvende*, kan geëvenaard worden: het ~~geen~~ in het denkbeeld van *limiet* niet begrepen is, of begrepen kan worden: daar, in tegendeel, in ons voorbeeld, de snijlijnen, zoo lang zij snijlijnen zijn, de raaklijn AT niet kunnen evenaren.

II. VOORBEELD. De breuk  $\frac{1}{3}$  is de *limiet* in grootte van de breuk 0,33333333 zoo ver men wil uitgestrekt.

III. VOORBEELD. De geometrische middelevenredige is de *limiet* in kleinheid van de arithmetische middelevenredige, tusssen twee grootheden (III. 21.).

IV. VOORBEELD. Het getal 1 is de *limiet* in grootte van deze geometrische reeks



$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \text{enz.}$  zoo ver men wil, of, gelijk sommigen spreken, in het *oneindige*, uitgestrekt.

V. VOORBEELD. Het getal  $\frac{4}{3}$  of  $1\frac{1}{3}$  is de *limiet* in grootte van deze geometrische reeks,  $1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} + \frac{1}{256} + \text{enz.}$  zoo ver men wil, of, gelijk velen zich wel uitdrukken, in het *oneindige*, uitgestrekt. Men vergelijke hier mede III. 18. Gev. 1. Aanm. 2.

I. AANMERKING. In het algemeen, de uitdrukking (III. 18.

$$\text{Gev. 1.) } S = \frac{A(q^n - 1)}{q - 1} = \frac{Aq^n}{q - 1} - \frac{A}{q - 1} =$$

$\frac{Aq^n}{q - 1} + \frac{A}{1 - q}$  is de ware som van een getal  $n$  leden

eener geometrische reeks,  $A, Aq, Aq^2, Aq^3, \dots$

$Aq^{n-1}$ ; doch  $S = \frac{A}{1 - q}$ , of  $S = \frac{A^2}{A - B}$ , is de *limiet*

van de geheele afnemende reeks, zoo ver men wil uitgestrekt: en van hier de uitdrukking van sommigen, dat  $\frac{A}{1 - q}$ ,

of  $\frac{A^2}{A - B}$ , de som is van een *oneindig* getal leden van eene

geometrische afnemende reeks: deze uitdrukking  $\frac{A}{1 - q}$

wordt 1, indien, gelijk in voorbeeld IV,  $A = \frac{1}{2}$ ,

$q = \frac{1}{2}$ : en  $\frac{4}{3}$ , indien, gelijk in voorbeeld V,  $A = 1$ ,

$q = \frac{1}{4}$ .

II. AANMERKING. Deze uitdrukking  $S = \frac{A^2}{A - B}$  voor de som

van een *oneindig* aantal leden eener geometrische reeks,

geeft  $S: A = A: A - B$ : waaruit dit voorstel volgt,

dat ik ergens in de nagelaten handschriften van HUYGENS gevonden heb, „zoo grootheden in eene gedurige

„afnemende geometrische reeks staan, is de grootste

„van alle, met alle de overigen in het *oneindige*, tot

„de grootste, als de grootste, tot de overmaat van

„de grootste boven de volgende.”

III. AANMERKING.. Deze *limiet*  $S = \frac{A}{1-q}$  komt ook wel onder de gedaante van dit voorstel voor. „ Als van eene „ gegeven grootheid wordt genomen het  $\frac{1}{q}$  gedeelte, van „ dit stuk wederom het  $\frac{1}{q}$  gedeelte, en zoo vervolgens, „ telkens het  $\frac{1}{q}$  gedeelte van het laatstgenomen stuk, „ zullen alle deze  $\frac{1}{q}$  gedeelten te samen gelijk zijn aan „ het  $\frac{1}{q-1}$  gedeelte van die gegeven grootheid. Zie FLORYN, *Grondbeginsels der hoogere Meetkunde*, §. 77.

IV. AANMERKING. Indien men de *limiet*  $S = \frac{A}{1-q}$  toepast op het V. Voorbeeld, en het alles te samen vergelijkt met het geen gezegd is in het I. Gevolg van het XVIII. Voorstel des derden Boeks, Aanm. 2. zal het blijken, hoe deze leer met het Voorstel van ARCHIMEDES; aldaar vermeld, overeenkomt.

## II. B E P A L I N G,

Wanneer de rede tusſchen twee grootheden aan de beſtendige rede, die er tusſchen twee andere grootheden is, bij vermeerdering of vermindering, nader en nader bijkomt, wordt de laatstgemelde rede de *limiet*, in *grootte* of in *kleinheid*, van de eerstgemelde rede genoemd.

VOORBEELDEN. De rede van  $\sqrt{2} : 1$  is de *limiet* in grootte van alle de getallen waardoor men de rede, die de diagonaal van een vierkant tot deszelfs zijde heeft, kan uitdrukken.

De rede van  $2 : \sqrt{3}$  is de *limiet* in grootte van de getallen waardoor men de rede van de zijde eens gelijkzijdigen driehoeks tot deszelfs loodlijn kan uitdrukken.

De rede van  $\sqrt{3} : 1$  is de *limiet* van de rede die de zijde des gelijkzijdigen driehoeks, in den cirkel beſchreven,

ven, heeft tot den radius van den cirkel, indien men die rede in getallen uitdrukt.

### I. VOORSTEL.

Zoo er twee grootheden zijn, A en B, en men van de grootste, de helft, of meer dan de helft, afrekt; en van het overschot wederom de helft, of meer dan de helft; en zoo voorts, altijd op de zelfde wijze; zal er eindelijk eene grootheid overschieten die kleiner zijn zal dan de tweede gegeven grootheid B, hoe klein deze ook zij.

EUCL. X. 1: of bij KOENIG *Lemma* voor XII. 2.: en eenigermate bij TACQUET *Lemma* 2. na VI. 11.

BEREIDING. Fig. 146. Zij AB de grootste, F de kleinste der gegeven grootheden: men neme van F een zoodanig veelvoud GM, dat het zelve grooter worde dan de gegevene AB maar eenmaal minder genomen, kleiner zoude zijn dan deze. Men snijde van AB af AC, d. i. de helft, of meer dan de helft; van het overschot CB, de helft, of meer dan de helft, CD; van het overschot DB, de helft of meer dan de helft, DE: en herhale dit zoo vele malen als F in GM begrepen is: dat is in deze figuur vier malen.

BEWIJS. Om dat  $GM > AB$ ,  $GI < \frac{1}{2} GM$  en  $AC =$  of  $> \frac{1}{2} AB$ : is  $GM - GI > AB - AC$ : d. i.  $IM > BC$ . Om dat  $IM > BC$ ,  $IK < \frac{1}{2} IM$  en  $CD =$  of  $> \frac{1}{2} CB$  is  $IM - IK > BC - CD$ : d. i.  $KM > DB$ . Om dat  $KM > DB$ ,  $KL < \frac{1}{2} KM$  en  $DE =$  of  $> \frac{1}{2} DB$  is  $KM - KL > DB - DE$ : d. i.  $LM > EB$ . Maar  $LM = F$ : dus  $EB < F$ , hoe klein ook F zijn moge.

### GEVOLG.

Men kan dan geen grootheid zoo klein geven, of het overschot zal eindelijk nog geringer worden.

### II. VOORSTEL.

Wanneer twee grootheden gegeven zijn, waarvan de eene [L] bestendig. de andere [A] veranderlijk is, doch, bij vermeerdering of bij vermindering, nader en nader bij de eerstgemelde grootheid [L] komen, en er dus minder van

van verschillen kan dan eenige te geven grootheid be- draagt: zal de rede van gelijkheid de *limiet* zijn, in groot- te of in kleinheid, van de rede dier beide grootheden: en omgekeerd.

L'HUIPLIER §. 2. — TACQUET *Theor. fel. ex ARCHIMEDE* pt. I, 2. 1

BEWIJS. Zoo men het tegendeel stelt, zij  $L = A + B$ : dan is het verschil tuschen de beide grootheden gelijk aan eene bepaalde grootheid, het geen tegen de onderstelling strijdt, welke stelt, dat het gemelde verschil kleiner is dan eenige grootheid die gegeven kan worden.

I. AANMERKING. Dit zal door eene nadere uitlegging der voorbeelden van de I. Bepaling opgehelderd worden.

II. AANMERKING. Van daar de uitdrukking van sommigen, dat eene grootheid in hare *limiet* eindigt.

### III. VOORSTEL.

Zoo ééne en de zelfde grootheid  $[L]$  de *limiet* is, het zij in grootte, het zij in kleinheid, van andere groothe- den, b. v.  $[A$  en  $B]$  is de rede van gelijkheid de *limiet* der rede van deze grootheden.

BEWIJS. De rede van  $A : L$  is eindelijk die van gelijkheid of eindelijk  $A : L = 1 : 1$  (II. Voorstel); en eveneens  $B : L = 1 : 1$ ; dus eindelijk  $A : B = 1 : 1$  of de rede van  $A : B$  komt hoe langer hoe nader aan de rede van ge- gelijkheid.

AANMERKING. Van daar de uitdrukking van sommigen, dat de *laatste rede* dier grootheden eene rede van gelijk- heid is.

I. VOORBEELD. De *limiet* van de rede der beide reeksen,  $\frac{2}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{24}$  enz. en  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16}$  enz. beide zoo ver men wil vervolgd, is die van gelijkheid.

II. VOORBEELD. Fig. 147. Indien de lijnen  $AB$ ,  $BC$ , regt- hoekig op elkander staande, met de kromme lijn  $AC$  eene figuur nitmaken, en men de grondlijn  $BC$  in zoo vele ge- lijke deelen  $BD$ ,  $DE$ ,  $EF$  enz. als men wil verdeelt, om dus door middel der lijnen  $MD$ ,  $EN$  enz.,  $AM$ ,  $SLN$  enz. de regthoeken  $AMDB$ ,  $SLDB$ ,  $DLNE$ ,  $RKED$  enz. te maken: zal men door het getal der deelen  $BD$ ,  $DE$ , enz. te vermeerderen, en dus hunne grootte te ver- minderen, de kromlijnige figuur  $ABCA$  tot limiet van de

uis-

## 286 VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.

uitwendige [B A M L N K O I P T C H] en van de inwendige [B S L R K Q I U C B] hebben: en de *limiet* der rede van deze figuren zal dus eene rede van gelijkheid zijn.

NEWTON *Lem.* 2, 3.

BEWIJS. De overmaat der uitwendige figuur A M L N K O enz. boven de kromlijnige B A C is de som van alle de driehoeken A M L, L N K, K O I enz. De overmaat der kromlijnige figuur boven de inwendige S L R K Q I U H enz. is de som van alle de driehoeken A S L, L R K, K Q I enz.: welke driehoeken, en dus welke sommen, kleiner en kleiner worden naar mate de deelen B D, D E enz. kleiner genomen worden: waaruit het voorstel volgt: te weten dat de uitwendige en de inwendige figuur nader en nader komen aan de kromlijnige figuur die hare limiet is, en dus nader en nader aan elkander.

AANMERKING. Het zelfde heeft plaats, al wordt de kromme lijn A C in eene regte lijn [Fig. 148.] A C veranderd, en dus al heeft men eenen regtlijnigen driehoek A C B: welk voorstel van een zeer groot nut in de Natuurkunde is. Er is een bewijs van de voornaamste eigenschappen der versnellende beweging, en dus van die der vallende ligchamen, dat daarop steunt: zie 's GRAVESANDE *Physica* §. 373. — MUSSCHENBROEK §. 186. — KEILL *Inleiding tot de ware Wis- en Sterrekunde*. XI. Les, Theor. XVII.

### IV. VOORSTEL.

Zoo twee grootheden beiden de *limieten* zijn van eene derde, is hare rede die van gelijkheid; dat is, zij zijn gelijk.

BEWIJS. Uit het III. Voorstel.

LA CHAPELLE, §. 433.

BEWIJS. Dat A en B beiden de *limiet* zijn van C: zoo A niet gelijk B, zij  $A = B + D$ : daar nu B de *limiet* is van C, zal C nader aan B kunnen komen, dan eenige gegeven grootheid: dus zal het verschil tuschen C en  $B + D$ , ten minsten zijn D: maar door de *asumptie* is  $B + D = A$ : dus zal C altijd, ten minsten de grootheid D, van A verschillen, dat tegenstrijdig is met het denkbeeld van *limiet*, en A is door de onderstelling *limiet* van C. Het is dus onmogelijk dat A en B niet gelijk zijn aan elkander.

AANMERKING. Men zal hier onder een voorbeeld van dit geval aantreffen.

V.

V. VOORSTEL.

Zoo twee grootheden A en B, beide in hare vermeerdering, of beide in hare vermindering, altijd de zelfde rede  $[a:b]$  tot elkander behouden, zal ook die rede de rede harer *limieten*  $[L \text{ en } l]$  zijn.

TACQUET *Porisma* na XII. 2. — MACLAURIN p. VI. — L'HUIER §. 3.

BEWIJS. Zij  $A:B = a:b$ : zoo nu

niet  $L:l = a:b$ , is

$L:l$  of  $>$  of  $< a:b$ :

zij  $L:l > a:b$ :

en dus  $L - X:l = a:b = A:B$ .

Zoo nu L en l de limieten in grootte zijn van A en B: is  $B < l$ : dus moest ook A altijd kleiner zijn dan  $L - X$ ; dus minder tot L naderen dan eene gegeven grootheid X, dat tegen het denkbeeld van eene *limiet* strijdt; dus is niet  $L:l > a:b$ .

Zij  $L:l < a:b$ : dus

$L:l - X = a:b = A:B$ :

Maar A is  $< L$ : dus moest B ook altijd kleiner zijn dan  $l - X$ ; dat insgelijks tegen het denkbeeld van eene *limiet* strijdt:

dus is noch  $L:l > a:b$

noch  $L:l < a:b$

dus is  $L:l = a:b$ .

Zoo L en l de limieten in kleinheid zijn, is de redeneering de zelfde: men stelt voor het eerste geval,

$L:l > a:b$ ,

$L:l + X a:b$ :

en voor het tweede, zoo  $L:l < a:b$ ,

$L + X:l = a:b$ .

de ongerijmdheid blijft de zelfde.

VOORBEELDEN.

1. Fig. 67. In alle driehoeken ACB, waarin de lijn CH de tegenoverstaande zijde in twee gelijke deelen deelt, is altijd, hoe ook de driehoek moge zijn (II 22. Gev.):

$\square$  op AC  $+$   $\square$  op CB

$\frac{\quad}{2} - \square$  op CH  $= \frac{1}{2} \square$  op AB  $=$

$\square$  op AH  $= \square$  op HB.

Maar de lijn AB is de limiet in kleinheid van de som der

288 VII. Boek : Over den omtrek en inhoud des cirkels.

der zijden AC en CB (I. 19): want hoe dichter C bij de lijn AB valt, hoe nader AC + CB aan AB komt, zonder immer AB te kunnen evenaren: en gevolgelyk, wat voor de zijden AC en CB geldt, geldt ook voor derzeiver limiet, dat is voor de lijn AB. Indien men dan onderstelt dat C ergens in D valt, en A in H, moet volgens dit voorstel ook het zelfde voor de lijn AB plaats hebben: namelijk

$$\frac{\square \text{ op } AD + \square \text{ op } DB}{2} - \square \text{ op } DH = \square \text{ op } AH$$

nu kan men regtstreeks bewijzen, dat dit zoo is: want, uit II. 3. Gev. 2: en II. 3. is

$$\square \text{ op } AD = \square \text{ op } AH - \square \text{ op } DA - 2 \text{ regth. uit } AD, DH.$$

$$\text{en } \square \text{ op } DB = \square \text{ op } AH + \square \text{ op } DH + 2 \text{ regth. uit } AH, DH$$

$$\text{en dus } \square \text{ op } AD + \square \text{ op } DB = 2 \square \text{ op } AH + 2 \text{ regth. uit } DH, DH.$$

dat is

$$\square \text{ op } AH = \frac{\square \text{ op } AD + \square \text{ op } DB}{2} - \square \text{ op } DH$$

Men kan de zaak op de zelfde wijze aantoonen indien de  $\Delta ACB$  stomp is, en dus het stip D buiten AB valt.

II. Fig. 121. In den cirkel heeft altijd voor de snijlijnen deze rede plaats (V. 17.): regth. uit AE, AR = regth. uit AH, AS: en gevolgelyk heeft dit ook voor de limieten der snijlijnen, dat is (I. Bep. I. Voorbeeld) voor de raaklijnen, plaats: en dus  $\square \text{ op } AT = \square \text{ op } AU$ , of  $AT = AU$ , dat men reeds uit andere grondbeginselen weten kan. (uit V. 11. Gev. 4. en V. 20. Gev. 2.)

III. Fig. 149. De raaklijn in eenig stip B, dat bestendig is, is de limiet van alle de snijlijnen die door dat stip gaan. Laat men door het middelpunt C de middellijn FCEA trekken, die de snijlijn DBA in A ontmoet: laten BRM en DNI en KCG loodregt op de middellijn staan: en BQ evenwijdig zijn aan EF. Dan is bestendig, uit de gelijkvormige driehoeken BOD en ARB, voor alle de snijlijnen door B getrokken,  $DO:OB = RB:$

$RB:RA$ , en dus is de limiet in kleinheid van  $DO$  tot de limiet in kleinheid van  $OB = RB:RA$  en die rede zal ons aapduiden waar  $A$  vallen moet, op dat  $ABD$  eene raaklijn in  $B$  zijn zoude.

Immers is  $DO:OB = OQ:IO$  (V. 12. Gev. 1.); en dus is de rede der limieten van  $OQ$  en  $IO$  die der limieten van  $DO$  en  $OB$ : maar de limiet van  $OQ$  is  $BQ = 2BP = 2RC$  (V. 9.): de limiet van  $IO$  is  $MB = 2RB$ : dus is de rede van  $RC:RB$  die der limieten van  $DO$ , en  $OB$ , dus die van  $RB$  en  $RA$ : gevolgelyk zal  $ABD$  raaklijn zijn indien  $RC:RB = RB:RA$ , dat is, indien  $RB$  middel-evenredige tusfchen  $RC$  en  $RA$  is: het geen ook, buiten alle kennis van limieten, onmiddellyk volgt uit het geen wij bewezen hebben, (V. 4.) dat, zoo  $ABD$  raaklijn is, de  $\angle ABC = L$  is: en dus (IV 15. Gev. 1.)  $RC:RB = RB:RA$ .

AANMERKING. Wij zullen, in de volgende Voorstellen, nog vele voorbeelden bijbrengen: doch dit zij genoeg om de juistheid van het denkbeeld van limiet te bevestigen.

#### GEVOLG.

Zoo twee grootheden  $A$  en  $B$ , beiden veranderlyk, bestendig de zelfde rede blijven behouden tot twee bestendige grootheden  $[A:B = a:b]$ , welke vermeerdering of vermindering zij ook ondergaan: zullen derzelve *limieten*  $[L$  en  $M]$  in de zelfde rede  $[van a:b]$  staan.

L'HUIER §. 4. — MACLAURIN p. XI. — TACQUET *selecta ex ARCHIMEDE* pr. 1 en 2.

#### VI. VOORSTEL.

Zoo twee reden van veranderlyke grootheden  $[A$  en  $B$ ,  $L$  en  $M]$  altijd gelyk blijven, welke verandering in vermeerdering of vermindering die grootheden mogen ondergaan, [dat is, zoo bestendig  $A:B = L:M$ ]: zijn de reden harer *limieten*  $[a$  en  $b$ ,  $l$  en  $m]$  ook gelyk, [dat is,  $a:b = l:m$ ].

L'HUIER §. 5.

BEWIJS. Daar de rede van  $a:b$  de limiet is van de rede  $A:B$  is zij het ook van de rede  $L:M$ . Maar de rede van  $l:m$  is de limiet van de rede van  $L:M$ : dus zijn  $a:b$  en  $l:m$  de limieten van eene en de zelfde rede  $L:M$  dus  
T zijn



290 VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.

zijn de reden van  $a : b$  en van  $l : m$  gelijk door het IV. Voorstel.

VII. VOORSTEL.

De *limiet* van eene rede, uit twee of meerdere grootheden  $[A : B$  en  $G : D]$  samengesteld, is de samengestelde rede der *limieten*  $[a : b$  en  $g : d]$  van die grootheden  $[A, B, G, D]$ .

LA CHAPELLE §: 434. — L'HUIJIER §. 6.

**Bewijs.** Indien  $A : B$  voor *limiet* heeft  $a : b$  en  $G : D$  voor *limiet* heeft  $g : d$ , komt  $a : b$  nader aan  $A : B$  dan eenige gegeven grootheid kan bedragen: en insgelijks  $g : d$  nader aan  $G : D$  dan eenige grootheid kan bedragen: dus zal ook  $\frac{a}{b} \times \frac{g}{d}$  nader aan  $\frac{A}{B} \times \frac{G}{D}$  komen, dan eenige gegeven grootheid, dat is, zal er de *limiet* van zijn.

II. AFDEELING.

OVER DEN ONTREKEN DEN INHOUD VAN DEN CIRKEL.

VIII. VOORSTEL.

De omtrek van den cirkel is grooter dan die van eenigen veelhoek in den cirkel, en kleiner dan die van eenigen veelhoek om den cirkel beschreven: en insgelijks is het met den inhoud gelegen.

ARCHIMEDES *de Sphaera et Cyliandro* I. 1, 2.

**Bewijs.** Fig. 143. Voor den omtrek van den veelhoek *in* blijkt het van zelf, vermits iedere boog  $FIE$  grooter is dan de rechte lijn  $FE$  die denzelven tot choorde dient.

Voor den omtrek van den veelhoek *om*, besluit ARCHIMEDES zijn voorstel hier uit, dat de som der lijnen  $IG$  en  $GL$  te samen grooter is dan de boog  $IEL$ : en hij leidt zulks hier uit af, dat die lijnen, den cirkelboog bevatten welke de zelfde uiteinden  $I$  en  $L$  heeft als zij.

Voor den inhoud, blijkt de zaak uit de enkele beschouwing der figuur.

IX.

IX. VOORSTEL. Fig. 143.

De omtrek van den cirkel is de *limiet in grootte* der omtrekken van alle de veelhoeken die in den cirkel, en de *limiet in kleinheid* der omtrekken van alle de veelhoeken die om den cirkel beschreven worden: en de *radius* is de limiet der loodlijnen van alle de veelhoeken in den cirkel.

TACQUET *Selecta ex ARCHIMEDE* pr. 3.

BEWIJS. Uit XXIV. en XXVII. van<sup>o</sup> het VI. Boek, en de 1. Bepaling van dit Boek.

AANMERKING. Hieruit blijkt in welken zin men te verstaan hebbe, dat de *cirkel een veelhoek is van een oneindig getal zijden*: doch eene dergelijke uitdrukking is niet nauwkeurig.

GEVOLG.

De omtrek van eenigen veelhoek *is*, en die van den gelijkvormigen veelhoek *om* den cirkel, naderen dus elkander, en dien van den cirkel, hoe langer hoe meer: verschillen eindelijk onderling minder, dan eene gegeven grootheid, hoe klein ook deze zij: en hunne *laatste rede* is die van gelijkheid (Voorst. III.).

X. VOORSTEL.

De omtrekken van twee ongelijke cirkels staan tot elkander als hunne middellijnen, en dus als hunne stralen.

TACQUET *Selecta ex ARCHIMEDE* pr. 7. — St. VI. 22. — L. G. IV. 12

BEWIJS. Uit het IX. Voorstel van het VI. en het IV. en VII. van dit Boek.

I. AANMERKING. Dit Bewijs is uit de leer der *limieten* getrokken: men kan het zelfde Voorstel aldus in den trant der Ouden bewijzen: en wel uit het ongerijmde.

Men stelle twee cirkels wier omtrekken door  $O$ , en  $o$  wier diameters, of middellijnen, door  $D$ , en  $d$  uitgedrukt worden. Ik zeg dat  $D:d = O:o$  zoo neen: zij  $D:d = O:C$  zoo dat  $C < o$ : en dus  $C = o - q$ .

Men beschrijve in den cirkel wiens omtrek is  $o$  eenen veelhoek, wiens omtrek  $p$  groter zij dan  $C$ , doch kleiner dan  $o$ ; en in den cirkel wiens omtrek is  $O$ , eenen gelijkvormigen veelhoek wiens omtrek is  $P$ ; dan is (VI. 9.)  $D:d = P:p$ , maar bij *asfautie*  $D:d = O:C$ : dus  $P:p = O:C$ : maar  $p > C$  door bereiding, der-

derhalve (III. 4.)  $P > O$  dat onmogelijk is: want de omtrek des veelhoeks *in* is kleiner dan die van den cirkel: dus is niet  $C < o$ .

Zij 2°.  $D:d = O:C$  zoo dat  $C > o$ . Men beschrijve dan om den veelhoek wiens omtrek is  $o$  eenen veelhoek wiens omtrek  $p < C$  hoewel  $> o$ : en om den anderen cirkel eenen gelijkvormigen veelhoek wiens omtrek is  $P$ : dan is  $P:p = D:d$ : maar  $D:d = O:C$  dus  $P:p = O:C$ : maar  $p < C$  door de *assumptie*: dus  $P < O$  (III. 4.) dat onmogelijk is, om dat de omtrek des veelhoeks *om*, altijd grooter is dan die des cirkels; dus is  $C$  niet  $> o$ .

Daar dan  $C$  noch  $> o$  noch  $< o$ , is  $C = o$ : en  $D:d = O:o$ .

### I. GEVOLG.

Alle cirkels zijn gelijkvormige figuren.

II. AANMERKING. Wij hebben in de 1. Bep. van het IV. Boek gezegd wat wij door gelijkvormige figuren verstaan: doch die bepaling is niet op den cirkel toepasselijk, ten minsten niet regstreeks: wij oordeelen dat men een kenmerk van die gelijkvormigheid in de bestendige rede van den straal tot den omtrek stellen kan: daar die bestendige rede een onmiddelijk gevolg is van de gelijkvormigheid der veelhoeken.

III. AANMERKING. EUCLIDES heeft de gelijkvormigheid der cirkels stilzwijgend vooronderstelt.

### II. GEVOLG.

Gelijkvormige bogen van twee ongelijke cirkels zullen die zijn, welke de zelfde rede tot hunne omtrekken, en dus tot hunne halve middellijnen, hebben.

L. G. IV. 11. Cor.

### III. GEVOLG.

En insgelijks zullen gelijkvormige cirkelstukken die zijn, welke uit bogen bestaan die onderling zijn als de omtrekken of middellijnen der geheele cirkels, en wier choorden dus ook de zelfde rede hebben.

### XI. VOORSTEL.

Er kan eene rechte lijn zijn die gelijk is aan den omtrek van een gegeven cirkel.

BEWIJS. De omtrek van den cirkel, is grooter dan die van den zeshoek *in*: en dus (VI. 8. Gev. 2.) grooter dan zesmaal den *radius*, of driemaal de diameter

Indien men dan in den gegeven cirkel eenen zeshoek beschrijft; en eenen anderen zeshoek om den zelfden, en twee rechte lijnen trekt, waarvan de eene gelijk is aan den omtrek van den zeshoek *in*, de andere aan dien van den zeshoek *om*: zal de eerstgemelde korter, de andere langer zijn dan de omtrek des cirkels. Er is derhaive tusschen de zelve eenige lijn welke aan den omtrek gelijk is.

AANMERKING. Wij zullen hier onder (Voorstel XIX.) die lijn nader bepalen.

#### XII. VOORSTEL. Fig. 151.

Een gelijkbeenige driehoek [FIE] in een cirkelstuk [FIE] beschreven dat kleiner is dan de halve cirkel, is grooter dan de helft van het zelve segment.

BEWIJS. Men trekke uit den top I van den driehoek de raaklijn WIM, en rigte op EF de LL FW, EM. Dan is  $\Delta FIE \propto \frac{1}{2} \square FWME$ : maar  $\square FWME > \text{segment FIE}$ : derhalven  $\Delta FIE > \frac{1}{2} \text{segment FIE}$ .

AANMERKING. Waarom hier van een' gelijkbeenigen driehoek gesproken wordt blijkt uit VI. Bep. 1. Aanm.

#### XIII. VOORSTEL.

De inhoud van den cirkel is de *limiet in grootte* der inhouden van alle de veelhoeken *in*, en de *limiet in kleinheid* van alle de veelhoeken *om* denzelfden beschreven.

BEWIJS. Het blijkt genoegzaam uit de beschouwing van de Figuur 143.

#### GEVOLG.

De gelijkvormige veelhoeken, in en om den cirkel beschreven, komen elkander hoe langer hoe nader bij, en hunne laatste rede is de rede van gelijkheid.

BEWIJS. Zie ook het IX. Voorstel, Gev. van dit Boek.

#### XIV. VOORSTEL.

De inhoud van den cirkel is gelijk aan dien van eenen  
T 3 drie-

driehoek, waarvan de grondlijn de omtrek is des cirkels en de loodlijn deszelfs *radius*

ARCHIMEDES *Circuli dimensio* pr. 1. — St. VI. 23. — TACQUET *Selecta ex ARCHIMEDE* pr. 4, 5. — L. G. IV. 12.

I. **Bewijs uit de leer der limieten.** Men stelle eenen dergelijken driehoek: dan is dezelve de limiet van de veelhoeken, zoo wel in als om den cirkel beschreven (II. 39 en uit dit Boek Voorstel VIII. en IX.): doch de cirkel is ook de limiet dier veelhoeken (door het XIII. Voorstel) waaruit het besluit volgt door het IV. Voorstel.

I. **AANMERKING.** ARCHIMEDES heeft dit Voorstel uitmuntend bewezen (*de Circuli dimensio* pr. 1.): en MACLAURIN heeft het zelve zeer wel uitgelegd, *Traité des Fluxions*. p. IX. Het zal niet ongepast zijn, het bewijs van ARCHIMEDES hier bij te voegen.

II. **Bewijs in den trant van ARCHIMEDES** Fig. 150. Zij TV gelijk aan den omtrek, en TS gelijk aan den *radius* van den gegeven cirkel: dan is de  $\Delta TSV \propto$  inhoud  $\odot$ . Zoo neen, is de cirkel grooter, of kleiner, dan de driehoek.

Zij 1°. de cirkel grooter dan de driehoek. Men beschrijve in denzelven eenen regelmatigen veelhoek die, hoewel kleiner dan de cirkel, echter grooter is dan de bewuste driehoek TVS.

De omtrek van den veelhoek is kleiner dan die van den cirkel, en dus dan TV; zij dezelve Tt: de loodlijn van den veelhoek is kleiner dan de *radius* en dus dan TS; zij de zelve Ts: die veelhoek zal gelijk zijn aan  $\Delta Tts$ : en dus kleiner dan  $\Delta TSV$ , daar men echter denzelven grooter dan die driehoek gesteld heeft: het geen tegenstrijdig, en dus onmogelijk, is.

2°. Zij de cirkel kleiner dan de  $\Delta TSV$ . Men beschrijve om den cirkel eenen veelhoek, die wel grooter dan de cirkel, echter kleiner zij dan  $\Delta TSV$ . Dan is de omtrek van den veelhoek grooter dan die van den cirkel, en dus dan de lijn TV; zij dezelve gelijk aan Tr: de loodlijn van den omschreven veelhoek is gelijk aan den *radius* en dus aan TS: men trekke Sr: dan is de inhoud van den veelhoek gelijk aan  $\Delta TSr$  en  $> \Delta TSV$ : daar men echter denzelven kleiner gesteld had, dat wederom tegenstrijdig is. De inhoud des cirkels is dus noch grooter noch kleiner dan die des  $\Delta TSV$ ; dezelve is derhalve daaraan gelijk.

### I. GEVOLG,

Indien men den inhoud van den cirkel door getallen wil uitdrukken, en men let op het geen wij in het IV. Boek, IX. Voorstel, 6 Gevolg, gezegd hebben, volgt het, indien men in het algemeen  $\pi$  (\*) stelt voor den omtrek als de

(\*) Ik heb de grieksche letter  $\pi$  gebruikt in plaats van de letter O, om

de middellijn voor de eenheid wordt aangenomen, of voor den halven omtrek als de *radius* = 1 gesteld wordt: verder  $r$  voor den *radius* en  $d$  voor de diameter, of middellijn, eens bepaalden cirkels; zal de inhoud van dien bepaalden cirkel uitgedrukt worden door  $\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ .

St. VI. 23. Gev. 2.

## II. GEVOLG.

De inhoud van den cirkel staat tot dien van het vierkant in den cirkel beschreven, als de halve omtrek tot de middellijn (VI. 19. het 1 Gevolg): en tot dien van het vierkant om den cirkel beschreven, of tot het vierkant op de middellijn, als het vierde deel van den omtrek tot de middellijn (VI. 19. Gevolg 2).

TACQUET *Selecta ex ARCHIMEDE* pr. 5. Cor. 2.

## III. GEVOLG.

Indien een cirkel en een regelmatige veelhoek gelijke omtrekken bezitten, zal de inhoud des cirkels grooter zijn dan die des veelhoeks; door dit Voorstel, Voorstel IX. en door IV. 31.

L. G. IV. Appendix prop. 10.

## XV. VOORSTEL.

De inhoud van eenen *Sector* is gelijk aan een' driehoek waarvan de grondlijn gelijk is aan den boog van den *Sector*, en de hoogte aan den *radius*.

St. VI. 24. Gev. — L. G. IV. Cor. 1.

BEWIJS. Uit de beschouwing dat de omtrek van den boog de limiet is van de som der grondlijnen van de gelijkbeenige driehoeken in den *Sector* beschreven, en de *radius* de limiet van de loodlijn in iederen driehoek.

I. AANMERKING. Dus, zoo B de boog van den *Sector* is, wordt de inhoud van den *Sector* uitgedrukt door  $\frac{B \times r}{2}$ .

GE-

om den omtrek aan te duiden als de diameter den is, om dat die letter daartoe door de Wiskundigen algemeen, en bijna uitsluitend, gebruikt wordt.

## GEVOLG.

De inhouden van gelijkvormige *sectors* van verschillende cirkels, staan tot elkander als de vierkanten der stralen.

L. G. IV. 11. Cor.

II. AANMERKING. Men kan altijd een vierkant beschrijven wiens inhoud gelijk is aan den inhoud van een' gegeven driehoek: zie het XX. Werkstuk van het II. Boek. Men zoude dus een vierkant kunnen maken dat gelijk zoude zijn aan den inhoud van den cirkel, indien men eene regte lijn trekken kon die gelijk is aan den omtrek. Indien men dit doen kon, zoude het gewigtig vraagstuk van de *Quadratuur*, of inhoudsvinding, des cirkels, *geometrisch* opgelost zijn. Doch tot nu toe heeft men geen middel gevonden om zulks *geometrisch* te verrigten: ik zie echter geen onmogelijkheid dat men dit niet in het vervolg zoude kunnen volbrengen, en zulks te meer, daar men reeds, zoo als wij in het XVII. Voorstel bewijzen zullen, den inhoud van verscheiden figuren uit cirkelbogen bestaande gevonden heeft. Ik ben derhalven, met HENNERT en anderen, van gevoelen, dat de *Quadratuur* van den cirkel, hoe wel nog niet gevonden, niet onmogelijk is in eenen geometrischen zin.

Ik zeg in eenen *geometrischen zin*; geheel anders is het indien men het vraagstuk in eenen *arithmetischen zin* opvat; dat is, indien men van getallen spreekt die den inhoud, of den omtrek van den cirkel met betrekking tot het vierkant van de middellijn, of tot de middellijn, juist uitdrukken. Ik twijfel of deze wel immer *meetbaar* kunnen zijn; zie de Aanmerking op het XVIII. Voorstel.

## XVI. VOORSTEL.

De inhouden van ongelijke cirkels hebben tot elkander de zelfde rede als de vierkanten hunner middellijnen.

EUCL. XII. 2. en TACQUET op die plaats: Cor. 2. — Sc. VI. 27.  
L. G. IV. 11.

BEWIJS. Uit het 1. Gev. van het XIV. Voorstel.

AANMERKING Het bewijs is op de leer der *limieten* gegrond. Het geen EUCLIDES gegeven heeft, is uit het ongerijmde afgeleid, en loopt op dezen zin Fig. 151.

Zoo niet  $\odot ABCD : \odot EFGHE = \overline{BD}^2 : \overline{FH}^2$ ; zij  $\odot ABCD$ : eene ruimte  $S = \overline{BD}^2 : \overline{FH}^2$ : zoo dat  $S < \odot EFGHE$ . Men beschrijve een  $\square FGHE$  in den  $\odot$ : dit is de helft van het omschreven vierkant: en derhalve is  $\square FEGH > \frac{1}{2} \odot FEHG$ .  
en

## II. Afd.: Over den omtrek en den inhoud van den cirkel. 297

en de overmaat des cirkels boven het vierkant is de som der segmenten  $FIE$ ;  $ENH$  enz. Indien men nu in de segmenten de gelijkbeenige  $\Delta\Delta$   $FIE$ ,  $ENH$ ,  $HLG$  enz. stelt, dat is, een veelhoek van een dubbeld getal zijden beschrijft; is ieder dier driehoeken  $FIE$ ,  $ENH$  enz. grooter dan de helft van het segment waarin hij staat (Voorstel XII.): en indien men voor de segmenten op  $FI$ ,  $IE$  enz. op de zelfde wijze voortgaat, zal er eindelijk (Voorst. I.) eene ruimte over blijven kleiner dan eene gegeven grootheid, en derhalve dan het verschil van den cirkel  $\odot EFGH$  met de ruimte  $S$ . Zij  $FIE$   $ENH$  enz. de veelhoek bij welken zulks plaats heeft; en men beschrijve in den cirkel  $ABCD$  eenen gelijkvormigen veelhoek: dan is veelh.  $ABCD$ : veelh.  $IFKGLHNE = \overline{BD}^2$ ;  $\overline{FH}^2 = \odot ABCD:S$ . Maar veelh.  $IFKGLHNE > S$ , door de bereiding: dus veelh.  $ABCD > \odot ABCD$ : dat onmogelijk is. Dus is het valsch dat  $S < \odot EFGHE$ . 2°. Zij dan  $S > \odot EFGH$ , en zij  $S: \odot ABCD = \overline{FH}^2 : \overline{BD}^2$ . Dan is  $S: \odot ABCD = \odot EFGHE$ : eene ruimte  $< \odot ABCD$ : en derhalve  $\overline{FH}^2 : \overline{BD}^2 = \odot EFGHE$ : ruimte  $< \odot ABCD$ , dat tegen het eerste strijdt.

Derhalve is niet  $\overline{BD}^2 : \overline{FH}^2 = \odot ABCD$ : ruimte of  $>$  of  $< \odot EFGHE$ : derhalve is  $\overline{BD}^2 : \overline{FH}^2 = \odot ABCD, \odot EFGHE$ .

### I. GEVOLG.

Men kent dan de onderlinge rede van twee cirkels wier middellijnen bekend zijn; en men kan dus cirkels maken die eene bepaalde rede tot elkander hebben, het geen in de Aanmerking op het 6. Werkstuk des IV. Boeks wordt uitgelegd.

Zie TACQURT op EUCL. XII. 2. het 4. Gev.

### II. GEVOLG.

Indien men cirkels beschrijft op de schuinsche en op de beide regthoekzijden van een' regthoekigen driehoek, is de som der beide cirkels op de regthoekszijden gelijk aan den cirkel op de schuinsche zijde (IV. 26.) en men kan dus eenen cirkel maken die gelijk zal zijn aan een gegeven getal cirkels, volgens de 2. Aanmerking op het VIII. Werkstuk van het IV. Boek.

St. VI. pr. 30.

### XVII. VOORSTEL. Fig. 152.

Indien men op de schuinsche en op de beide regthoekzijden



den eens regthoekigen driehoeks halve cirkels trekt, naar den zelfden kant, die dus den halven cirkel op de schuinsche zijde snijden, zullen de beide *maantjes*, F en G, te samen gelijken inhoud hebben als die gegeven driehoek,

BEWIJS. Uit het II. Gevolg.

TACQUET Cor. 19. op EUCLIDES XII. 2.

I. AANMERKING. De beide *maantjes* zijn gelijk indien de driehoek ADB gelijkbeenig is: anderszins staan zij tot elkander als de driehoeken ADC en DCB.

II. AANMERKING. Zie daar een voorbeeld van eene ruimte binnen cirkelbogen bevat, wier inhoud volmaakt bekend is. Deze *maantjes* worden genoemd naar derzelver uitvinder, HIPPOCRATES van CHIOS, die 490 jaren voor onze tijdrekening leefde. Er zijn eene menigte van dergelijke *Manen*, wier inhoud men volmaakt kan vinden.

III. AANMERKING. Er zijn ook andere figuren, gelijk die welke ARCHIMEDES *Arbelon* noemt, die hier eene bijzondere melding verdienen. Zij Fig. 153. op AD de halve cirkel ABD beschreven: zij deszelfs middellijn AD in twee deelen naar willekeur gesneden in E, en dat op AE, en ED, de halve cirkels AFE en EGD getrokken worden. Dan wordt de figuur AFE G D B A door ARCHIMEDES *Arbelon* genoemd: deszelfs inhoud nu is gelijk aan dien van den cirkel op BE.

Immers daar BE middel-evenredig tusschen AE en ED (V. 13) is  $\square$  op BE  $\propto$  Rh. uit AE. ED: en derhalve  $\square$  op BE  $\div$  Rh. uit AE. BD  $\div$   $\square$  op AE  $\div$   $\square$  op ED  $\propto$  2 Rh. op AE. ED  $\div$   $\square$   $\div$  AE  $\div$   $\square$  ED  $\propto$  (II. 4.)  $\square$  op AD: d. i. 2  $\square$  op BE  $\div$   $\square$  op AE  $\div$   $\square$  op ED  $\propto$   $\square$  op AD: derhalve 2  $\odot$  op BE  $\div$   $\odot$  op AE  $\div$   $\odot$  op ED  $\propto$   $\odot$  op AD en  $\odot$  op BE  $\div$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op AE  $\div$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op ED  $\propto$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op AD en dus  $\odot$  op BE  $\propto$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op AD  $-$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op AE  $-$   $\frac{1}{2}$   $\odot$  op ED  $\propto$  *Arbelon* AFE G D B A. Zie ARCHIMEDES *Lemma* IV. en over eene andere soortgelijke figuur, genoemd *Salinon*, *Lemma* XIV: mitsgaders over den *Arbelon*, PAPPUS *Coll. Mathem.* IV. pr. 16, 17, 18.

Indien men Fig. 153a. den omtrek eens cirkels in 6 deelen AB, BD, DF, FE, EG, GA verdeelt: de choorden AB, BD (die zijden zijn van een ingeschreven zeshoek, en uit G en F de bogen AOC en DPC die elkander in C ontmoeten, trekt, en eindelijk AC en CD?

CD: zal de figuur  $AmBnDpCoA$ , ook *Arbelon* genoemd kunnen worden: zij wordt gevormd door cirkelbogen, die ieder het zesde gedeelte zijn van den omtrek: en uit het beschouwen der figuur blijkt duidelijk dat hare inhoud gelijk is aan dien van de ruit  $ABDCA$ . Zie over *Manen*, en figuren van dezen aard KRAFFT *Geometria Sublimior* § 165. en vele volgende.

### III. A F D E E L I N G.

OVER DE REDE VAN DEN OMTREK DES  
CIRKELS TOT DE MIDDELLIJN.

#### XVIII. VOORSTEL.

De rede van den omtrek des cirkels tot deszelfs middellijn kan, in getallen, uit de beschouwing der veelhoeken niet dan *ten naasten bij* bepaald worden: die rede, aldus bepaald, is onmeetbaar: en de rede van den inhoud des cirkels tot het vierkant der middellijn is het, in den zelfden zin, insgelijks.

BEWIJS. De omtrek des cirkels is de limiet van de omtrekken der veelhoeken *in* en *om* den cirkel beschreven: en dus, hoe vele zijden men ook in een' veelhoek veronderstelt, is de omtrek des cirkels altijd grooter dan die des veelhoeks indien de veelhoek *in* den cirkel, en altijd kleiner indien de veelhoek *om* den cirkel beschreven is: zoo dat, daar de omtrek des cirkels tusschen *in* valt, men niet weten kan hoe veel de cirkel grooter is dan de eerstgemelde veelhoek, en hoe veel kleiner dan de laatstgemelde.

Men kan dus alleen, in plaats van den omtrek des cirkels, den omtrek van eenen veelhoek nemen, welke minder van dien des cirkels afwijkt naar mate de veelhoek meer zijden heeft.

Verder, de rede zelve van den omtrek des veelhoeks tot de middellijn is altijd onmeetbaar, (uitgenomen voor den zeshoek) en men kent alleenlijk, zoo nabij men begeert, de palen tusschen welke die rede valt; dus, welken veelhoek men ook neme om deszelfs omtrek voor dien des cirkels te gebruiken, is deze altijd onmeetbaar met betrekking tot de middellijn.

En daar de inhoud des cirkels gelijk is aan eenen driehoek waarvan de hoogte de *radius*, en dus meetbaar, is; de grond-

300 *VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.*

grondlijn de omtrek, en dus op de gezegde wijze ten opzichte van den *radius* onmeetbaar, zal ook de inhoud van dien driehoek, en dus die van den cirkel, onmeetbaar zijn met betrekking tot het vierkant op de middellijn.

AANMERKING. Men vraagt of men nimmer voor den omtrek des cirkels een getal zal kunnen vinden dat meetbaar is met de middellijn? Ik kan niet ontveinzen zeer genegen te zijn om te denken dat zulks niet mogelijk is. En derhalve de oplossing van de *Quadratuur* des cirkels in eenen arithmetischen zin voor onmogelijk te houden.

XIX. VOORSTEL.

De rede van den omtrek eens cirkels tot zijne middellijn is kleiner dan van  $3 \frac{10}{70}$  tot 1, en grooter dan

$3 \frac{10}{71}$  tot 1: of, wat op het zelfde uitkomt, kleiner dan 22:7 en grooter dan 223:71 volgens ARCHIMEDES.

Die rede is naauwkeuriger als 3,1415926536:1 volgens LUDOLF VAN CEULEN: en de rede van 355:113, onder den naam van METIUS opgegeven, is bijna even naauwkeurig.

L. G. IV. 12. Schol.

I. AANMERKING. *Handelwijze van ARCHIMEDES.* Die Wiskunstenaar berekende den omtrek van eenen zes-en-negentig-hoek om den cirkel, en dien van eenen zes-en-negentig-hoek binnen den cirkel beschreven: de omtrek des cirkels is kleiner dan de eerstgemelde, en grooter dan de laatstgemelde.

BEREIDING. Voor den 96- hoek om den cirkel beschreven. Fig. 163.

Zij BI de zijde van eenen twaalfhoek in den cirkel beschreven: en zij LBD loodregt op de middellijn in B, en dus eene raaklijn: men trekke CIL. Laat HC den hoek ICB in tweeën gelijk deelen: insgelijks GC den hoek HCB: FC den hoek GCB: EC den hoek FCB: dan is  $\angle ECB$  de middelpuntshoek van eenen 192-hoek: en dus, indien  $\angle BCD = \angle ECB$ , is  $\angle ECD$  de middelpuntshoek van eenen 96-hoek: en dus is ED de zijde van een 96-hoek om den cirkel beschreven. Daar wij nu de grootte van de zijden dier veelhoeken moeten bepalen, en dus dezelve door getallen uitdrukken, zullen wij het geen wij in het 2. Gevolg op het IX. Voorstel van het IV. Boek,

en

### III. Afd.: Over de rede van den omtr. tot de midd. 301

en in het 1. Gev. van het XXIV. Voorstel van het zelfde Boek gezegd hebben in acht nemen; en, in plaats van de vierkanten op lijnen, de tweede magten der getallen welke die lijnen uitdrukken gebruiken, en, in plaats van de zijden waarop een gegeven vierkant gesteld zoude kunnen worden, de vierkants-wortel van het getal dat den inhoud van dit vierkant uitdrukt. ARCHIMEDES is ook op die wijze te werk gegaan.

BEWIJS. Uit VI. 27. N<sup>o</sup> 2. is

$$1^{\circ}. BL : BH = CL + CB : CB$$

$$2^{\circ}. BH : BG = CH + CB : CB$$

$$3^{\circ}. BG : BF = CG + CB : CB$$

$$4^{\circ}. BF : BE = CF + CB : CB$$

of, bij verplaatsing:

$$1^{\circ}. CL + CB : BL = CB : BH$$

$$2^{\circ}. CH + CB : BH = CB : BG$$

$$3^{\circ}. CG + CB : BG = CB : BF$$

$$4^{\circ}. CF + CB : BF = CB : BE.$$

Maar,  $IM = \frac{1}{2} IK$  (V. 9.)

en  $IK = CI$  (VI. 8. het 2. Gev.)

dus  $IM = \frac{1}{2} CI$ : en daar

$$BL : CL = IM : CI \text{ (IV. 2.)}$$

is  $BL = \frac{1}{2} CL$  (III. 4.).

Waaruit volgt, dat zoo  $BL$  bekend is,  $CL$  het ook is: en uit II. 16. ook  $CB$ , en omgekeerd: men kan dus in N<sup>o</sup>. 1.  $BH$  vinden, dus ook  $CH$  (II. 16.): en dan in N<sup>o</sup>. 2.  $BG$ , in N<sup>o</sup>. 3.  $BF$ , in N<sup>o</sup>. 4.  $BE$ .

1<sup>o</sup>. ARCHIMEDES stelde  $BL = 153$ : dus  $CL = 306$ : dus  $\overline{CB^2} = \overline{306^2} - \overline{153^2} = 70227$ : dus  $\overline{CB^2} \succ 70225$ : en  $CB \succ \sqrt{70225}$  of  $\succ 265$ :

Hieruit volgt in N<sup>o</sup>. 1.

$$CL + CB : BL \succ 571 : 153 : \text{en dus ook}$$

$$CB : HB \succ 571 : 153 \text{ of } \succ 8 \times 571 : 8 \times 153$$

$$\text{of } \succ 4568 : 1224.$$

Zoo dan  $HB = 1224$  is  $CB \succ 4568$ .

2<sup>o</sup>. Dus  $\overline{CH^2} \succ \overline{1224^2} + \overline{4568^2}$  of  $\succ 22364800$

dus  $\succ 22363441$  of  $\succ \overline{4729^2}$ : dus

$CH \succ 4729$ : en dus in N<sup>o</sup>. 2.

$CB : BG \succ 9297 : 1224$ : en dus; indien  $BG = 1224$  is  $CB \succ 9297$ .

3<sup>o</sup>.

3°. Dus is  $\overline{GC}^2 \supset \overline{9297}^2 + \overline{1224}^2$  of  
 $\supset 87932385$  dus  $\supset 87928129$  of  $\supset \overline{9377}^2$   
 dus is. N°. 3,  $GC \supset 9377$ : en  
 $CB : BF \supset 18674 : 1224$  of  
 $\supset \frac{18674}{2} : \frac{1224}{2}$  of  $\supset 9337 : 612$

en dus indien  $BF = 612$ : is  $CB \supset 9337$ .

4°. Dus is  $\overline{CF}^2 \supset \overline{612}^2 + \overline{9337}^2$  of  
 $\supset 87554113$ : dus  $\supset 87553449$  of  $\supset \overline{9357}^2$ :  
 dus  $CF \supset 9357$ : en dus in N°. 4.  
 $CB : BE \supset 9347 : 306$ .  
 dus  $\pm CB : \pm EB$  of  $ED \supset 9347 : 306$   
 en dus, zoo  $ED = 306$ , is  $\pm CB$ , of de middellijn,  
 $\supset 9347$ .

Maar  $96 \times ED = 29376 =$  omtrek van den veelhoek.

Dus omtrek van den veelhoek: middellijn  $\prec 29367$ :  
 $9347$  of  $\prec \frac{29376}{9347} : 1$  of  $\prec 3 \frac{1335}{9347} : 1$ .

Maar  $\frac{1335}{9347} \prec \frac{1}{7}$ : en omtrek van den cirkel kleiner dan  
 die van den veelhoek: dus

Omtrek van den cirkel tot de middellijn  $\prec 3\frac{1}{7} : 1$  of  
 $22 : 7$ .

BEREIDING voor den 96-hoek in den cirkel beschreven.  
 Fig. 164.

Zij  $BL$  de zijde van eenen geshoek in den cirkel beschreven: laat  $AH$  den boog  $BL$  in twee gelijke deelen deelen: insgelijks  $AG$  den boog  $BH$ ,  $AF$  den boog  $BG$ ,  $AE$  den boog  $BF$ ; dus is  $BE$  de choorde van een 96-hoek.

BEWIJS. Uit IV. 12. is

$AL : AB = KL : BK$ : dus (III. 2. N°. 1.)  
 $AL + AB : AB = KL + BK$  of  $BL : BK$ :

of  
 $AL + AB : BL = AB : BK$ :

Maar  $\triangle BHK \sim \triangle AHB$ : dus

$AB : BK = AH : BH$ : en

*III. Afd.: Over de rede van den omt. tot de midd. 393*

$$1^{\circ}. AL + AB : BL = AH : BH.$$

op de zelfde wijze is

$$2^{\circ}. AH + AB : BH = AG : BG$$

$$3^{\circ}. AG + AB : GB = AF : FB:$$

$$4^{\circ}. AF + AB : FB = AE : EB.$$

Zoodra nu LB gegeven is, is AB = 2 LB bekend, en omgekeerd: AL wordt daaruit gevonden (II. 16. het 1. Gev.) en dus verkrijgt men eindelijk de waardij van EB.

Stel dan  $1^{\circ}. LB = 780$ : dus  $AB = 1560$ :  $\overline{LA}^2 = \overline{1560}^2 - \overline{780}^2 = 1825200 < 1825201$  of  $< \overline{1351}^2$ ; dus  $LA < 1351$ .

dus in N<sup>o</sup> 1.  $AH : BH < 2911 : 780$  of  $< 291100 : 78000$ .

Indien dan  $BH = 78000$  is  $AH < 291100$ ; dus  $\overline{AB}^2 < \overline{291100}^2 + \overline{78000}^2$  of  $< 90823210000$  of  $< 90826890625$  of  $< \overline{301375}^2$  dus  $AB < 301375$ .

2<sup>o</sup>. Dus is in N<sup>o</sup>. 2.  $AG : BG < 592475 : 78000$ , of multiplicerende beide de getallen door 11 en ze divideerende door 325 is  $AG : BG < 20053 : 2640$ .

Zoo dan  $BG = 2640$  is  $AG < 20053$ : dus  $\overline{AB}^2 < \overline{2640}^2 + \overline{20053}^2 < 409092409 < 409131529$  of  $< \overline{20227}^2$ :

dus  $AB < 20227$ :

Dus is in N<sup>o</sup>. 3.  $AF : BF < 40280 : 2640$  of multiplicerende door 3, en divideerende door 20;  $AF : BF < 6042 : 396$ .

3<sup>o</sup>. Zoo dan  $BF = 396$ : is  $AF < 6042$  dus  $\overline{AB}^2 < \overline{396}^2 + \overline{6042}^2 < 36662580 < 36663025$  of  $< \overline{6055}^2$ .

Gevolgelijk is  $AB < 6055$ : en in N<sup>o</sup>. 4. is  $AE : BE < 12097 : 396$  of  $< 24194 : 792$ .

4<sup>o</sup>. Indien dan  $BE = 792$  is  $AE < 24194$ : dus  $\overline{AB}^2 < \overline{792}^2 + \overline{24194}^2$  of  $< 585976900$  of  $< 585978849$  of  $< \overline{24207}^2$ .

Gevolgelijk  $AB < 24207$ .

Men heeft dan

BE

304 VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.

$BE : AB > 792 : 24207$ : of, divideerende door 3,

$BE : AB > 264 : 8069$ .

en  $96 \times BE$  of de omtrek van den veelhoek:  $AB > 96$

$\times 264$  of  $25344 : 8069$  of  $> \frac{25344}{8069} : 1$  of  $> 3 \frac{1137}{8069} : 1$

Maar  $\frac{1137}{8069}$  is  $> \frac{10}{71}$ , en de omtrek van den cirkel is

nog grooter dan die van den veelhoek: dus is omtrek van

den cirkel tot de middellijn  $> 3 \frac{10}{71} : 1$  of  $> 223 : 71$ .

II. AANMERKING. De rede van  $22 : 7$ , hoe wel iets te groot, is echter in de praktijk voor de meeste gevallen voldoende.

III. AANMERKING. ARCHIMEDES is eenigzins anders te werk gegaan dan de nieuwe Wiskunstenaars die hem gevolgd zijn: hij heeft niet de zijden van den 12-hoek, van den 24-hoek, van den 48-hoek, van den 96-hoek, berekend voor eene gegeven middellijn: maar hij heeft enkel gezocht naar de rede welke de zijde van ieder dier veelhoeken tot de middellijn hebben moet: en daar die rede onmeetbaar is, heeft hij voor den veelhoek om den cirkel, die grooter is dan de cirkel, altijd eene rede genomen die iets grooter is, en voor den veelhoek in den cirkel, die kleiner is dan de cirkel, eene rede die iets kleiner is dan de ware rede van de zijde van den veelhoek om of in den cirkel, tot de middellijn. Zijne berekening steunt gevolglijk niet op getallen die slechts ten naasten bij nauwkeurig zijn, maar op ware getallen. Zie hier over MONTUCLA *Histoire de la Quadrature du cercle*, p. 31—36. LAGNY, *Mem. de l'Academie* 1723. p. 55.

IV. AANMERKING. LUDOLF VAN CEULEN heeft eenen anderen weg ingeslagen: hij berekende met behulp van het 5. Gevolg van ons XXIV., en van her XXV. Voorstel van ons VI. Boek, de zijden van vele veelhoeken in en om den cirkel beschreven: Hij trok ten dien einde de wortels uit onmeetbare getallen met veel nauwkeurigheid, en tot een groot getal van decimalen. Hij vindt dus in zijn Boek *over den cirkel*, alwaar men het geheel beloop van zijne berekening zien kan, dat, indien men de middellijn gelijk aan 1 stelt, en eenen veelhoek van 32212254720 zijden gebruikt, de omtrek des cirkels grooter is dan

3,14159265358979323846

en kleiner dan

3,1415926538979323847.

Na:

### III. Afd. : Over de rede van den omt. tot de midd. 365

Naderhand nog naauwkeuriger te werk gaande, vindt hij in zijne *Fundamenta Arithmetices et Geometriae*, dat, indien men de middellijn des cirkels 1 stelt, de omtrek des cirkels grooter is dan

3.141,592,653,589,793,238,462,643,383,279,50

en kleiner dan

3.141,592,653,589,793,238,462,643,383,279,51

V. AANMERKING. De rede van ARCHIMEDES 22 : 7 tot eene decimale breuk gebragt, geeft 3.142857 : dus is zij te groot : en wel bijna  $\frac{1264}{1,000,000}$  of bijna  $\frac{1}{800}$  gedeelte.

Zie over die handelwijzen L. G. IV. 14.

VI. AANMERKING. De rede van 355 : 113 welke onder den naam van METIUS bekend staat, is zeer naauwkeurig : want, indien men dezelve tot eene decimale breuk brengt, geeft zij, 3,14159292 : dat niet eens  $\frac{3}{10,000,000}$  deelen te groot is ; zij wordt boven dien

in geheele getallen uitgedrukt, die des te gemakkelijker in het geheugen geprent worden, dat, indien men de drie eerste oneven getallen 1, 3, 5, ieder twee malen naast elkander stelt, 113355, de drie eerste cijfers de middellijn, de drie laatste den omtrek uitdrukken.

Zie hier over MONTUCLA ter aangehaalde plaats, en TACQUET *selecta ex* ARCHIMEDE, pr. 6. p. 275 et 276. en hier onder in de 4 Aanmerking op het XXVI. Voorstel eene nog veel naauwkeuriger uitdrukking.

VII. AANMERKING. De gemelde rede van 113 : 355 om de rede van de middellijn des cirkels tot den omtrek uitdrukken, is gevonden door ADRIAAN ANTHONISSE, Burgemeester der stad Alkmaar, vader van ADRIAAN ADRIAANSE, bijgenaamd METIUS, Hoogleeraar te Franeker : welke in zijn werk *Geometria Practica*, (*Partis prioris Cap. 10.*) die uitvinding aan zijnen vader toekent ; en er bijvoegt „ dat de zelve, in het boekje dat hij tegen de *Quadratuur van* SIMON VAN BIK (\*) geschreven heeft, door bewijzen, zen

(\*) METIUS, in het latijn schrijvende, noemt hem A. QUERCV : misschien was de naam DU CHESNE : immers LIPENIUS haalt in zijne *Bibliotheca Philosophica* aan, SIMON DU CHESNE, *de la Quadrature du Cercle*, Delft 1584. in 4°. Die zelfde titel staat onder N°. 626. in 4°, op den Catalogus der Bibliotheek van wijlen den Raadpensionaris BLEYSWYK. Het Boekje van ADRIAAN ANTHONISSE wordt in geen der veelvuldige Catalogusen genoemd die ik geraadpleegd heb : het geen mij doet twifelen of het wel gedrukt is geweest.



## 306 VII. Boek : Over den omtrek en inhoud des cirkels.

„zen heeft aangetoond dat de rede van den omtrek tot de middellijn kleiner is dan  $3\frac{17}{120}$ , en grooter dan  $3\frac{15}{106}$ , tusſchen welke de middel rede is  $3\frac{16}{113}$  of  $\frac{355}{113}$ ." Elders (*Geom. Pract. P. II. Cap.*) zegt METIUS „dat zijn vader dit gevonden heeft door „bewijzen in den trant van ARCHIMEDES." Ik heb het werkje van ADRIAAN ANTHONISS nimmer aangetroffen; Ik kan derhalven over de bewijzen daarin vervat niet oordeelen. Maar het valt niet moeilijk de gemelde rede, (nu dat men ze kent) uit die van ARCHIMEDES afteleiden.

Immers daar de rede van  $22 : 7$  te groot is, zal die van  $16 \times 22 : 16 \times 7$ , of van  $352 : 112$  ook te groot zijn: en indien men bij dezelve getallen voegt die in de zelfde rede ſtaan, t. w.  $3\frac{1}{7}$  en  $1$ , zal de rede van  $355\frac{1}{7} : 113$  te groot zijn: en dus zal die van  $355 : 113$  nader bij komen.

De rede van  $3\frac{10}{71}$  of van  $223 : 71$  is te klein: dus is die van  $16$  malen  $223 : 16 \times 71$  of van  $3568 : 1136$  ook te klein: van beide, getallen aftrakkende die in de zelfde rede ſtaan, te weten  $18\frac{6}{71}$  en  $6$ , zal het overige, of de rede van  $3549\frac{11}{71} : 1130$  ook te klein zijn: en derhalve er iets bijvoegende, zal  $3550 : 1130$  of  $355 : 113$  nader aan de waarheid komen.

Voor het overige, wanneer men de rede, door LUDOLF VAN CEULEN berekend, zelfs maar tot zes decimalen aanneemt, valt het niet moeilijk de rede van ARCHIMEDES en die, welke den naam van METIUS draagt, daaruit afteleiden: en tevens te doen zien dat de tweede naauwkeuriger is dan de eerste: doch dat beide minder naauwkeurig zijn dan die van LUDOLF.

De rede is,  $3.141593$  of  $3\frac{141593}{1,000,000} : 1$  welke wordt  $3\frac{1}{7.0624} : 1$ ; en dus kleiner dan  $3\frac{1}{7}$  die derhalve te groot is.

De breuk  $0.0624$  of  $\frac{624}{10000}$ , wederom herleid zijnde geeft  $\frac{1}{16.02}$ ; en derhalve is de geheele rede van LUDOLF  $3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{16.02}}$  of,

ten naasten bij,  $3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{16}}$ : het geen geeft  $3 + \frac{16}{113}$  of  $\frac{355}{113}$ .

Men kan over dergelijke herleidingen van breuken, ook op dit onderwerp, nazien de *Algebra* van WALLIS, *Cap. XI. Opp. Mathem.* T. 2. p. 49.

VIII. AANMERKING. Wij zullen in het 3. Gevolg op het XXV. Voorſtel van het VIII. Boek toonen, hoe veel het berekenen van den omtrek des cirkels door het gebruik van de *Sinus-Tafels* verkort wordt: doch men lette wel, dat, dat het laſtige van dit werk alleen hierin beſtaat, dat men de zijden van verſcheiden veelhoeken, zoo wel in als om den cir.

### III. Afd : Over de rede van den omtr. tot de midd. 307

cirkel beschreven, berekenen moet, en daar *Sinusfen* en *Tangenten* de halve zijden van dergelijke veelhoeken zijn; men in het berekenen van de *Sinus-Tafels* juist dat lastige werk reeds verrigt heeft: en gevolgelijk dat de verkorting meer schijnbaar dan wezenlijk is.

IX. AANMERKING. SNELLIUS, doch vooral na hem HUYGENS, hebben vele verkortingen gebruikt: zij hebben namelijk nieuwe eigenschappen gevonden van veelhoeken, in of om den cirkel beschreven, waar door zij in staat gebragt zijn, met behulp van veelhoeken uit een gering getal zijden bestaande, de zelfde naauwkeurigheid te erlangen, welke LUDOLF, door het gebruik van veelhoeken uit een groot getal zijden bestaande, verkregen had. Hunne bewerkingen waren op de volgende Voorstellen gegrond.

#### XX. VOORSTEL. Fig. 165.

Een cirkelstuk, kleiner dan de halve cirkel, is grooter dan vier derde gedeelten van den gelijkbeenigen driehoek die op de choorde van dat stuk, in hetzelfde, beschreven is.

HUYGENS pr. 3.

BEREIDING. Men beschrijve op de beenen, FE en ED, de gelijkbeenige driehoeken FIE, ELD: die dus onderling gelijk zijn: vervolgens wederom op FI, IE, EL, LD, de driehoeken FmI, InE, EoL, LpD, alle onderling gelijk: en zoo voorts wederom andere driehoeken op de zijden dier driehoeken.

BEWIJS. Door VI. 29. is

$$\Delta FED < \frac{1}{4} (\Delta FIE + \Delta ELD): \text{ of}$$

$$\Delta FIE + \Delta ELD > \frac{4}{3} \Delta FED.$$

Insgelijks zijn de  $\Delta\Delta$  op FI en IE, EL en LD beschreven te samen  $> \frac{1}{4} (\Delta FIE + \Delta ELD)$  en dus  $> \frac{1}{3} \Delta FED$ :

Het zelfde heeft plaats voor alle de driehoeken die men op Fm, mI, In, enz. beschrijven kan.

Dus is de som van alle die driehoeken  $> \Delta FED + \frac{1}{4} \Delta FED + \frac{1}{16} \Delta FED + \frac{1}{64} \Delta FED$  enz. of  $> \Delta FED (1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} + \text{enz.})$

Dus is de *limiet* van de som van alle die driehoeken grooter dan de *limiet* van  $\Delta FED \times (1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} + \text{enz.})$  dat is, dan  $\frac{4}{3} \Delta FED$  (s. Voorbeeld, I. Aanm. op de I. Bepaling van dit Boek).

Maar het cirkelstuk FIELD is de *limiet* van de som van alle de driehoeken: dus is het cirkelstuk  $> \frac{4}{3} \Delta FED$ .

## XXI. VOORSTEL. Fig. 165.

Een cirkelstuk [I E L] dat kleiner is dan een halve cirkel, is kleiner dan twee derde gedeelten van den gelijkbeenigen driehoek [I G L], op de choorde van dat cirkelstuk door de raaklijnen aan de uiteinden van den boog gevormd.

HUYGENS pr. 4.

BEREIDING. Men trekke door E de raaklijn X E Y.

Men beschrijve op I E, E L, de gelijkbeenige driehoeken I n E, E o L: en trekke door de kruinen n en o de raaklijnen q n r, s o t: men beschrijve wederom op I n, n E, E o, o L, dergelijke driehoeken, en altoos zoo voorts.

BEWIJS.  $\Delta XGY + \Delta Xqr + \Delta str$  enz.  $> \frac{1}{3} \Delta IEL + \frac{1}{3} \Delta InE + \frac{1}{3} \Delta EoL$  enz. (VI. 30).

Dus ook  $> \frac{1}{3} (\Delta IEL + \Delta InE + \Delta EoL$  enz.)

De limiet van de eerste som is dus ook grooter dan de limiet van de helft van de tweede som: dat is: de ruimte tusschen de lijnen I G, G L, en den cirkelboog I n E o L begrepen, is grooter dan de halve inhoud van het cirkelstuk I n E o L I: en dus is de gemelde ruimte te samen met het gemelde cirkelstuk, dat is de geheele  $\Delta IGL > \frac{1}{3}$  cirkelstuk I n E o L I.

of  
Cirkelstuk I n E o L I  $< \frac{2}{3} \Delta IGL$ .

AANMERKING. Het valt in het oog waarom men hier een cirkelstuk neemt dat kleiner is dan een halve cirkel: want indien I n E o L een halve cirkel was, zouden de lijnen I G, G L evenwijdig aan elkander zijn, en geen driehoek uitmaken.

## XXII. VOORSTEL. Fig. 143.

De inhoud van een' cirkel is grooter dan die van eenen regelmatigigen veelhoek van een even getal zijden in denzelven beschreven, te samen met een derde gedeelte van de overmaat van dien veelhoek boven dien van eenen veelhoek in den zelfden cirkel beschreven, doch die maar de helft van het getal zijden van den eerstgemelden behelst.

HUYGENS pr. 8.

BEREIDING. Zij F I E L D A B T A F de regelmatigige veelhoek in den cirkel beschreven, waarvan de zijden a. g in getal zijn, en men noeme deszelfs inhoud korthedshalve V.

Zij F E D B A F de andere veelhoek, die maar half zoo veel zijden als de eerstgemelde bezit: men noeme deszelfs inhoud korthedshalve v.

De overmaat van den eerstgemelden veelhoek boven den laatstgemelden is dus gelijk aan het getal g van driehoeken allen gelijk aan  $\Delta FIE$ : dus  $V - v = g \times \Delta FIE$ : en  $V = v + g \times \Delta FIE$ .

### III. Afd. : Over de rede van den omtr. tot de midd. 309

BEWIJS. De inhoud van den cirkel is  $= v + \text{segm. FIE} + \text{segm. ELD} + \text{segm. Dd B enz.} = v + g \times \text{segm. FIE}.$

Maar segment FIE  $> \frac{4}{3} \Delta \text{ FIE}$  (XX. Voorst.) dus

Inhoud van den cirkel  $> v + \frac{4}{3} g \times \Delta \text{ FIE}$

of  $> v + g \times \Delta \text{ FIE} + \frac{1}{3} g \times \Delta \text{ FIE}$

of  $> v + \frac{1}{3} (V-v).$

AANMERKING. Men ziet hoe veel nauwkeuriger dit Voorstel de getallen, waar door men den inhoud van den cirkel kan uitdrukken, beperkt: volgens de manier van ARCHIMEDES weet men alleen dat de inhoud van den cirkel grooter is dan die van eenen 96-hoek in denzelven beschreven: doch door dit Voorstel weet men bovendien dat hij grooter is dan die van eenen 96-hoek te samen met  $\frac{1}{3}$  van het verschil tuschen den 96-hoek en den 48-hoek.

#### XXIII. VOORSTEL. Fig. 165.

De inhoud van een' cirkel is kleiner dan twee derde gedeelten eens veelhoeks van een even getal zijden om den cirkel beschreven, te samen met het derde gedeelte van den gelijkvormigen veelhoek in denzelven beschreven.

HUYGENS pr. 6.

BEWIJS. Cirkelstuk  $I n E o L I < \frac{2}{3} \Delta \text{ ICL} :$  (XXI. Voorstel) gevolgelijk.

Cirkelstuk  $I n E o L I + \Delta \text{ ICL} < \frac{2}{3} \Delta \text{ ICL} + \Delta \text{ ICL}$  of Sector  $\text{ICLEI} < \frac{2}{3} \text{ stuk CIGL} + \frac{1}{3} \Delta \text{ ICL} :$

en dus :

$g \times \text{Sector ICLEI} < \frac{2}{3} \times g \text{ stuk CIGL} + \frac{1}{3} g \times \Delta \text{ ICL} :$   
Inhoud van den cirkel  $< \frac{2}{3}$  veelhoek om den cirkel  $+ \frac{1}{3}$  veelhoek in den cirkel.

I. AANMERKING. Door de manier van ARCHIMEDES weet men slechts dat de cirkel kleiner is dan de 96-hoek om denzelven beschreven: thans weet men dat hij kleiner is dan twee derde gedeelten van dien veelhoek en  $\frac{1}{3}$  van den 96 hoek in den cirkel; waar door de afwijking van de waarheid nader beperkt wordt.

II. AANMERKING. Daar men door het XXIV. Voorstel van het VI. Boek, en deszelfs V. en VI. Gevolg zeer gemakkelijk den inhoud eens veelhoeks in den cirkel vinden kan, en dan door het XIV. dien van den veelhoek om den cirkel, ziet men hoe gemakkelijk men door dit Voorstel den inhoud van den cirkel kan bepalen. Door middel van een' twaalf-  
V 3 hoek

§10 VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.

hoek verkrijgt men reeds eene zeer aanmerkelijke nauwkeurigheid.

GEVOLG.

De inhoud van eenen Sector CIELC is ook kleiner dan twee derde gedeelten van het *trapezium* [CIGLC] gevormd door twee stralen en twee raaklijnen op de uiteinden van den boog des Sectors getogen: te samen met een derde gedeelte van den middelpunts driehoek ICL.

HUYGENS pr. 6.

XXIV. VOORSTEL. Fig. 165 en 166.

De omtrek van den cirkel is grooter dan de omtrek eens regelmatig veelhoeks van een even getal zijden, in denzelfden beschreven, te samen met het derde gedeelte van het verschil tuschen dien omtrek en den omtrek van den veelhoek die maar de helft van dat getal zijden bezit.

HUYGENS pr. 7.

BEREIDING. Men stelle dat FD de zijde is van eenen veelhoek: dat FE, ED, de zijden zijn eens veelhoeks van een dubbeld getal zijden: en FI, IE, EL, LD, de zijden van eenen veelhoek die wederom een dubbeld getal zijden heeft:

Zij Fig. 166.  $gh$  gelijk aan den omtrek van den veelhoek op FD (\*): zij  $gi$  gelijk aan den omtrek van den veelhoek op FE: en  $ik = \frac{1}{2} hi = \frac{1}{2} (gi - gh)$ . Mindelijk zij de loodlijn  $Nz$  gelijk aan den *radius* van den cirkel: men trekke  $Ng$ ,  $Nh$ ,  $Ni$ ,  $Nk$ ; en men noeme  $\pi$  den omtrek van den cirkel.

BEWIJS.  $\Delta gNi =$  veelhoek op FI } VI. 24. Gev. 6.  
 $\Delta gNh =$  veelhoek op FE }

en dus  $\Delta iNk = \frac{1}{2} (\Delta gNi - \Delta gNh) = \frac{1}{2} (\text{veelh. op FI} - \text{veelh. op FE})$ .

Gevolgelijk inhoud van den cirkel  $> \Delta gNi + \Delta NiK$  (XXII. Voorst.). of

$$\pi \times \frac{Nz}{2} > gi \times \frac{Nz}{2} + ki \times \frac{Nz}{2} \text{ en dus}$$

$$\pi > gi + ki \text{ of } > gi + \frac{1}{2} (gi - gh).$$

I. GEVOLG.

Zij  $P$  de omtrek eens veelhoeks, en  $p$  die van den voorgaanden, d. i. van dien welke maar het halve getal zijden heeft, zoo is

$\pi$

(\*) De figuur 166 is uit gebrek van plaats op eene kleiner schaal dan de figuur 165. geteekend: doch dit doet niets ter zake.

$$\pi > P + \frac{P-p}{3} : \text{ of } > \frac{4}{3} P - \frac{p}{3} : \text{ dat is in woorden:}$$

„ De omtrek van den cirkel is grooter dan vier derde gedeelten des omtreks van een' veelhoek in dien cirkel beschreven, die een even getal zijden heeft, min het derde gedeelte van den omtrek eens veelhoeks die maar het halve getal zijden heeft.”

HUYGENS pr. 7. Cor.

I AANMERKING. De zijde van den zeshoek is de *radius*: dus is het derde gedeelte zijns omtreks getijk aan de middellijn: en dus zijn 16 zijden van den twaalfhoek min de middellijn kleiner dan de omtrek van den cirkel: doch het verschil is zeer gering. De zijde nu van een' twaalfhoek wordt zeer gemakkelijk berekend door VI. 24. het 8, Gev. Men ziet dan dat men hier nauwkeuriger te werk gaat dan door de manier van ARCHIMEDES, door welke men slechts weet dat de omtrek van den cirkel grooter is dan die des veelhoeks in den cirkel beschreven.

## II. GEVOLG.

Het blijkt uit het bewijs en uit het XKII. Voorstel, dat het geen voor den geheelen cirkel plaats heeft, ook voor iederen boog plaats heeft: gevolgelyk „ is een boog altijd grooter „ dan de vier derde gedeelten van zijne choorde min het „ derde gedeelte van de helft der choorde van eenen dubbel- „ den boog: of grooter dan de choorde, te samen met een „ derde gedeelte van het verschil tuschen de choorde, en „ de halve choorde van eenen dubbelden boog.”

II. AANMERKING. HUYGENS gebruikt het woord *finus* van den boog in plaats van de *helft der choorde van eenen dubbelden boog*. Wij zullen in het XV. Voorstel van het VIII. Boek zien dat dit op het zelfde uitkomt.

## III. GEVOLG. Fig. 166 a.

Hieruit volgt eene zeer gemakkelijke manier om eene rechte lijn, die ten naasten bij gelijk is aan een' gegeven cirkelboog, geometrisch te vinden; mits die boog kleiner zij dan het vierde gedeelte van den omtrek.

Zij ACB de boog: deel denzelven in twee gelijke deelen in C: trek AC, CB: verder CE loodregt: zij FG = AB: FI = AC + CB; IK =  $\frac{1}{2}$  GI: dan zal FK ten naasten bij de gezochte lijn zijn. Want boog CB > CB +  $\frac{1}{3}$  (CB - EB) dus boog ACB > AC + CB +  $\frac{1}{3}$  (AC + CB - AB), of

V 4

boog

boog  $ACB > FI + \frac{1}{3} (FI - FG)$  of  $> FI + \frac{1}{3} GI$  of  $> FI + IK$  of groter dan  $FK$ .

HUYGENS pr. 12.

III. AANMERKING. Naarmate de gegeven boog kleiner is, komt de lijn  $FK$  nader aan denzelfven: daarom hebben wij eenen boog vereischt kleiner dan een vierde gedeelte van den omtrek: doch indien de gegeven boog grooter was, zoude men denzelfven in 2, 4, 8, of meerdere deelen verdeelen, dat geometrisch geschieden kan: men neme dan  $FK$  gelijk aan een der deelen: en dan het dubbeld, of viervoud, of achtvoud van  $FK$ .

### XXV. VOORSTEL. Fig. 167.

Indien men uit het uiteinde  $[B]$  van de middellijn  $[BG]$  eene snijlijn  $[BK]$  trekt, die den cirkel snijdt, en tot aan de raaklijn  $[GKE]$  komt, welke op het ander eind  $[G]$  van de middellijn getogen is; zal de boog  $[CG]$ , tuschen de eerst-gemelde lijn  $BC$  en de middellijn  $[BG]$  begrepen, kleiner zijn dan twee derde gedeelten van het stuk  $[GK]$ , dat door de gemelde snijlijn  $[BK]$  van de raaklijn  $[GKE]$  wordt afgesneden, te samen met het derde gedeelte van de loodlijn  $[CH]$  uit het einde des boog op des middellijn  $[BG]$  neder gelaten.

HUYGENS pr. 8.

BEREIDING. Zij  $CI$  eene raaklijn aan  $C$ : trek  $AI$  en  $CG$ .

BEWIJS. Stuk  $ACIG = 2 \Delta ACI : = \Delta$  waarvan  $AC$  de grondlijn en  $2 CI$  de hoogte: of  $2 CI$  de grondlijn en  $AC$  of  $AG$  de hoogte: maar  $CI = GI$  (V. 11. Gev. 2: of 20. Gev. 2.).

Dus, indien men uit  $I$  met den radius  $GI$  eenen cirkel beschreef, zoude dezelve door  $C$  en  $G$  gaan, doch ook door  $K$ . Immers is hoek  $BCG =$  regt (V. 7.) dus ook  $GCK$ : en dus moet de halve cirkel door  $K$  gaan: dus ook  $KI = IG = CI$  en  $KG = 2 KI$ .

Gevolgelijk stuk  $ACIG = \Delta$  waarvan  $AG$  de grondlijn en  $GK$  de hoogte is.

Maar van  $\Delta ACG$  is  $AG$  de grondlijn en  $CH$  de hoogte: en dus is  $\Delta ACG = \Delta$  waarvan  $CH$  de hoogte en  $AG$  de grondlijn is.

Eindelijk Sector  $CAG = \Delta$  waarvan boog  $CG$  de grondlijn en  $AG$  de hoogte is (XV. Voorstel) of  $AG$  de grondlijn en boog  $CG$  de hoogte.

Derhalve, Sector  $CAG$ : Trap.  $ACIG$ :  $\Delta ACG =$  boog  $CG$ :  $GK$ :  $CH$ . (IV 6.)

Maar Sector  $CAG < \frac{2}{3}$  stuk  $ACIG + \frac{1}{3} \Delta ACG$ : (XXIII. Voorst. Gev.)

dus boog  $CG < \frac{2}{3} GK + \frac{1}{3} CH$ .

XXVI.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 167.

De omtrek van den cirkel is kleiner dan twee derde gedeelten van den omtrek eens regelmatigen veelhoeks in den cirkel beschreven, te samen met een derde gedeelte van den omtrek eens gelijkvormigen veelhoeks, om den cirkel beschreven.

HUYGENS pr. 9.

BEREIDING. Zij CH de halve zijde des veelhoeks in, en dus ACE trekkende, zij EG de halve zijde des veelhoeks om den cirkel beschreven.

Men trekke BC tot in K verlengd.

Men stelle  $LH = HG$ ; dus  $BL = (BG - LG) = 2 (AG - HG) = 2 AH$ .

BEWIJS.

$EG : CH = AG : AH$  (IV. 2.)

dus  $EG + CH : CH = AG + AH : AH$  (III 8.)

Maar  $CH : KG = BH : BG$  (IV. 2.)

dus  $EG + CH : KG = (AG + AH) \times BH : AH \times BG$

of  $EG + CH : KG = BH \times BH : AH \times BG$ , (III. 10.)

dus

$EG + CH : 2 KG = BH \times BH : 2 AH \times BG$

$= \square$  op BH: *regth.* uit BL, BG.

Maar  $\square$  op BH  $=$  *regth.* uit BH, BL + *regth.* uit BH, LH: en *regth.* uit BL, BG  $=$  *regth.* uit BL, BH + *regth.* uit BL, HG.

Maar *regth.* uit BH, LH  $>$  *regth.* uit BL, HG:

dus:  $\square$  op BH  $>$  uit BL, BG.

en  $EG + CH > 2 KG$ .

$\frac{EG + CH}{3} > \frac{2 KG}{3}$ .

en  $\frac{EG + 2 CH}{3} > \frac{2 KG + CH}{3}$ .

Maar boog CG  $< \frac{2}{3} KG + \frac{1}{3} CH$  (XXV. Voorst.)

dus boog CG  $< \frac{2}{3} CH + \frac{1}{3} EG$ .

en dus ook de geheele omtrek des cirkels  $< \frac{2}{3}$  omtrek des veelhoeks op het dubbeld van CH +  $\frac{1}{3}$  omtrek des veelhoeks op het dubbeld van EG

I. AANMERKING. Volgens de manier van ARCHIMEDES vindt men alleen dat de omtrek des cirkels kleiner is dan de omtrek des veelhoeks om den cirkel beschreven: doch nu vindt men dat de omtrek des cirkels kleiner is dan eene grootheid, welke zelve kleiner is dan de gemelde omtrek des veelhoeks. En dus komt men tot grootere nauwkeurigheid.



## GEVOLG.

„Door boog  $CG < \frac{2}{3} CH + \frac{1}{3} EG$ : „, is ieder boog, die „ kleiner is dan een vierde van den omtrek, kleiner dan twee „ derde gedeelte van de halve choorde van den dubbelden „ boog, te samen met een derde van de raaklijn  $EG$ .”

II. AANMERKING. SNELLIUS en HUYGENS gebruikten het woord *sinus* in plaats van halve choorde van den dubbelden boog: de rede hier van zullen wij in het XIV. Voorstel van het VIII. Boek uitleggen.

III. AANMERKING. Deze zijn de Voorstellen, eerst door SNELLIUS opgegeven, doch niet ten volten bewezen; HUYGENS ondernam en volbragt dien taak. Hier door kan men, met veel minder omslag, de zelfde nauwkeurigheid erlangen, die LUDOLF door eenen zeer grooten arbeid verkregen heeft. HUYGENS is naderhand verder gegaan, met twee andere Voorstellen te geven, die het werk nog merkelyk verkorten, doch die niet tot de eenvoudige grondbeginsels der Meetkunde behooren, en welke wij gevolgelyk hier niet kunnen bijvoegen.

IV. AANMERKING. Na de tijden van LUDOLF en SNELLIUS, en eenige jaren na dat HUYGENS zijn werk *de circuli magnitudine*, hadt uitgegeven, heeft men middelen gevonden om de rede van den omtrek tot de middellijn, met meerdere decimalen, en dus nauwkeuriger, uitgedrukken, door reeksen, waarvan de leden verschillende magten zijn van *sinus* of *tangenten* van *bogen*, over welke lijnen wij in het volgende VIII. Boek zullen handelen, en in het Aanhangsel zullen wij eenige van die reeksen opgeven, om den *sinus*, *cosinus*, *tangent* uit de waarde van den boog op te maken: en, wederkerig, om de waarde van den boog, en dus ook van den geheelen omtrek, op te maken uit de gegeven grootte van *sinus*, *cosinus* of *tangent*.

Wij zullen hier enkel aanmerken dat LAGNY (*Mem. de l'Acad. des Sciences* 1719. p. 144.) de eerste geweest is, welke door *formules* van dien aard de rede van den omtrek tot de middellijn, (die hier gelijk aan de eenheid gesteld wordt) door het volgende getal uit, 127 decimalen bestaande, heeft uitgedrukt: welk getal naderhand door vele Schrijvers, en ook door EULER (*Introductio in Analysin Infinitorum*. §. 126.) is overgenomen geworden; te weten

3. 141, 592, 653, 589, 793, 238, 462, 643, 383, 279, 502, 884, 197, 169, 399, 375, 105, 820, 974, 944, 592, 307, 826, 406, 286, 208, 998, 628, 034, 825, 342, 117, 067,

### III. Afd.: Over de rede van den emir. tot de midd. 315

067, 982, 148, 086, 513, 272 (\*), 306, 647, 093, 844,6.

Indien de laatste cijffer 6 een 7 ware, zou de rede te groot genomen worden: nu is ze wat te klein.

Maar men zal van de overgrootte nauwkeurigheid dezer uitdrukking kunnen oordeelen, indien men in acht neemt, dat, zoo men alleen de 21 eerste cijfferletters van deze breuk gebruikt, van welke 21 letters deze (462) de drie laatste zijn, en men voor de laatste in plaats van 2 een 3 stelde, het verschil op eenen cirkel, die zoo groot is als de omtrek des geheelen aardkloots, nog niet het 28,000,000,000 gedeelte van een' zandkorrel zoude bedragen indien men rekent dat twee honderd zandkorreltjes, naast elkander op eene regte lijn gelegen, de lengte van eenen duim uitmaken. Zie KLINKENBERG *Verh. van de Haarlemsche Maatschappij*, III. Deel, p. 156.

V. AANMERKING. Daar men nu de palen, tuschen welke de rede van den omtrek tot de middelijn begrepen is, met eene vrij groote nauwkeurigheid kent, zullen ook alle *reden*, die men opgeeft, en die men niet anders bewijst dan met aantoonen, dat zij binnen die zelfde palen vallen, ook aangenomen kunnen worden; en op dit grondbeginsel (geheel verschillende van dat waarop de manier rust om eene lijn gelijk aan eenen boog te maken, die wij in het 3 Gevolg van het XXIV. Voorstel hebben opgegeven) rusten vele manieren, die men voorgesteld heeft om eene lijn gelijk aan eenen cirkelboog te trekken, of een vierkant gelijk aan den inhoud van eenen cirkel te maken. Uit alle zullen wij de volgende, die eenen grooten graad van nauwkeurigheid bezitten, opgeven.

I. OPLOSSING. Men deelt eene lijn in uiterste en middelste rede: het kleinste stuk staat tot de geheele lijn, als de middelijn van den cirkel tot vijf zesde gedeelten van den omtrek.

VIETA, *Operum* p. 392.

BEWIJS. Men neemt uit IV. 18. Aanm. 2. de waarde van het kleinste stuk K eener lijn L in uiterste en middelste rede gesneden: te weten

$\frac{L(3 - \sqrt{5})}{2}$ . Men trekt den wortel uit 5: deze is 2.2366:

derhalve  $\frac{3 - \sqrt{5}}{2} = \frac{0.7634}{2} = 0.3817$ : gevolgelyk staat K : L

(\*) Zoo staat in alle de boeken, ook bij LACRY. Onlangs heeft men aangekondigd dat die 7 in deze snede een 8 moet zijn.

$\approx$  diameter:  $\frac{5}{8}$  omtrek  $\approx 0.3817 : 1$ . waaruit  $\frac{5}{8}$  omtrek gevonden wordt 2.6196: daar bij  $\frac{1}{3}$ : komt 3.1435, dat vrijwel met de rede door LUDOLF opgegeven overeenkomt.

II. OPLOSSING. Voeg bij de helft van den *radius* eene lijn, wier vierkant gelijk is aan de som der vierkanten van den *radius* en van de helft der zijde van den achthoek in den cirkel beschreven. De geheele lijn is het vierde gedeelte van den omtrek des cirkels (\*).

CONSTRUCTIE. Fig. 151. Trek door het middelpunt twee *radii* CH, CE, die eenen rechten hoek maken. Trek de choorde HE: deel den boog HNE in twee gelijke deelen in N: trek NE, die de zijde is van den achthoek. Neem CT  $\approx \frac{1}{2}$  NE: trek ET verlengd: neem op de verlenging TU  $\approx \frac{1}{2}$  CE: de lijn ETU is gelijk aan het vierde gedeelte des omtreks.

BEWIJS. De halve zijde van den achthoek wordt door berekening gemakkelijk gevonden te zijn 0.3827 als de *radius*  $\approx 1$  is. Het vierkant daar van is 0.14646: daar bij gevoegd 1 het vierkant van den *radius*, komt 1.14646: daar uit getrokken den wortel komt 1.0708: daar bij gevoegd de halve *radius*, komt 1.5708 voor het vierde gedeelte des omtreks als de *radius* 1 is: derhalve 0.7854 als de diameter 1 is: dit viermalen geeft voor den omtrek 3.1416, dat weinig met de rekening van LUDOLF verschilt.

III. OPLOSSING. Zij BCD [Fig. 169.] een halve cirkel, en BC een vierde deel; laat de rechte hoek BAC, in drie deelen gesneden worden, waarvan  $\angle BAE$  een is: het geen geometrisch geschied.

Trek DL en BI  $\perp$  op BD: verleng AE tot in I: trek IM loodrecht op DL: neem DL  $\approx 3$  AB: trek IL: deze lijn is zeer ten naasten bij gelijk aan den halven omtrek.

BEWIJS. Trek EF  $\perp$  op BD: stel den *radius* BA  $\approx 1$ : FE  $\approx$  de halve choorde van een' hoek die  $\approx \frac{2}{3}$  L is: dus (II. 16. het 1. Gev.) FA  $\approx \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3}$ .

Maar AF: FE  $\approx$  AB: BI: dus

$$BI \approx \frac{1}{\sqrt{3}} = DM: \text{ dus } ML \approx 3 - \sqrt{\frac{1}{3}} \text{ en}$$

IL

(\*) Ik heb die oplossing in de nagelatene papieren van HUYGENS gevonden, alwaar zij dus luidt.

*Si ad rectam, quae potest duo quadrata simul, quadratum radii et quadratum sinus Arcus 22°. 30'; addatur in rectum semis radius: composita recta aequalis erit peripheriae quadrantis.* HUYGENS hadt bij die woorden met zijne eigen hand geschreven „*reçu de M. l'Ambassadeur Chanut.*” Die Heer was gezant van Frankrijk te Stockholm, ten tijde van het overlijden van CARTESIUS aldaar.

$$1L = \sqrt{4 + (3 - \sqrt{\frac{1}{3}})^2} = \sqrt{4 + 9 - 6\sqrt{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3}} =$$

$$\sqrt{\frac{39}{3} - 2\sqrt{\frac{9}{3}} + \frac{1}{3}} = \sqrt{\frac{40}{3} - 2\sqrt{3}} =$$

$$\sqrt{\frac{120}{9} - \frac{18}{9}\sqrt{3}} = \frac{1}{3}\sqrt{120 - 18\sqrt{3}}; \text{ het geen ont-}$$

wikkeld voor 1L geeft 3.14153, dat dus zeer wel overeenkomt.

KOCHANSI *Acta Lipsienfis* 1685. p. 399.

IV. OPLOSSING. Fig. 154. Zij AB de halve middellijn van den cirkel. Deel dezelve in acht gelijke deelen: trek CB  $\perp$  op AB =  $\frac{1}{8}$  AB: Trek CA: neem AD =  $\frac{1}{8}$  AB =  $\frac{1}{8}$  AB: Trek uit D, DE  $\perp$  op AB, verder CE en uit D, DF // CE.

Ik zeg dat 3 AB + AF de halve omtrek is van den cirkel.

BEWIJS. AC: AD = AB: AE

AC: AD = AE: AF

derhalve AB: AE = AE: AF

en  $\overline{AE}^2 = AB \cdot AF$ .

maar  $\overline{AC}^2 : \overline{AD}^2 = \overline{AB}^2 : \overline{AE}^2 = \overline{AB}^2 : AB \cdot AF$

derhalve AF =  $\frac{AB \cdot \overline{AD}^2}{\overline{AC}^2}$

Maar  $\overline{AC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 = (7^2 + 8^2) \frac{\overline{AB}^2}{8^2};$

en  $\overline{AD}^2 = \frac{4^2}{8^2} \cdot \overline{AB}^2$ : derhalve

$$AF = \frac{4^2 \times AB}{7^2 + 8^2} = \frac{16 \cdot AB}{49 + 64} = \frac{16 \cdot AB}{113}$$

gevolgelyk: 3 AB + AF = 3 AB +  $\frac{16 \cdot AB}{113} = \frac{355}{113}$  indien AB = 1 gesteld wordt.

Maar, naar de rede van METIUS, is de omtrek des cirkels =  $\frac{355}{113}$ , gevolgelyk is 3 AB + AF de halve omtrek des cirkels, indien AB de halve middellijn is. Derhalve moet er bij drie maal de middellijn twee malen AF gevoegd worden om den geheelen omtrek te bekomen.

Deze schoone oplossing, die voor geene der voorgaande behoeft te wijken, is mij vóór jaren door den beroemden Wiskunstenaar DE GELDER mede gedeeld.

VI. AANMERKING In alle deze oplossingen wordt niets gesteld dan dat, wel is waar slechts ten naasten bij, maar echter door regte lijn en cir-

## 318 VII. Boek: Over den omtrek en inhoud des cirkels.

cirkel verrigt kan worden. Doch er is zekere kromme lijn, genoemd *Quadratrix* van DINOSTRATES, waardoor eene rechte lijn volkomen gelijk aan esnen cirkel boog, dus ook aan een vierde des geheeten omtreks van den cirkel, en (daar door ook eene gelijk aan den geheelen omtrek, kan gevonden worden. Doch die *Quadratrix* behoort tot de zoogenoemden *Mechanische* lijnen (\*). Men kan over dezelve naziën PAPPUS *Collect. Mathematicae* IV. 25, 26, 27, 28, en ook bij onze Nederlandsche Schrijvers, het schoone Werk van den Heer FLORYN, *Grondbeginsels der hoogere Meetkunde*, II. Boek, III. Hoofdstuk: en aldaar, voor de toepassing op het vinden eener rechte lijn gelijk aan het vierde des omtreks, prop. 4. Gev. 1. Over die lijn, zoo wel in zich zelve, als met betrekking tot de *Quadratuur* des cirkels, is zeer breedvoerig gehandeld door CLAVIUS, in een *appendix*, of *epilogus*, op het VI. Boek van EUCLIDES, en in zijne *Geometria practica*, Lib. VII. *Appendix*.

### XXVII. VOORSTEE.

De inhoud van den cirkel staat tot het vierkant op de diameter als 11:14, indien men de rede, door ARCHIMEDES gegeven, gebruikt.

St. VI. 23. Bijvoegsel.

BEWIJS. Uit het 2. Gevolg van het XIII. Voorstel.

I. AANMERKING. Indien men de rede door LÜDOLF gegeven wil gebruiken, staat de inhoud van den cirkel tot het vierkant op de middellijn, als 0.7853981634:1 dat is als 10.9955742876:14: het geen maar zeer weinig van 11:14 verschilt.

II. AANMERKING. Indien de halve middellijn 1, en dus de geheele middellijn 2 gesteld wordt: zal de inhoud van den cirkel 3,1415926536, en dus bijna 3,14160 bedragen.

III. AANMERKING. Indien men het grondbeginsel gebruikt dat wij

(\*) PAPPUS zegt dat DINOSTRATES (die 370 jaren voor onze tijdrekening leefde) en NICOMACHUS, welke drie eeuwen later leefde, de *quadratrix* tot de quadratuur van den cirkel gebruikt hebben. Er was ook bij de Ouden (zie PROCLUS *Comment. in 1. Lib. Euclid. prop. 9. p. 155.*) eens *quadratrix* van HIPPAS (die 70 jaren vóór DINOSTRATES bloeide) bekend. MONTUCLA gist, met rede, dat zij de zelfde kromme lijn zijn, oorspronkelijk tot het verdeelen eens cirkel-boogs in zoo vele deelen men wil ingedacht; maar waarin DINOSTRATES de eerste is die de toepassing tot de quadratuur des cirkels opgemerkt heeft, (*Hist. des Mathem.* I. 181).

wij op de 5. Aanmerking op het XXVI. Voorstel gegeven hebben; verkrijgt men het volgende

### XXVIII. VOORSTEL.

Indien eene lijn in uiterste en middelste rede is gesneden, staat de geheele lijn te samen met het kleinste stuk tot de dubbele lijn, als de wortel uit anderhalf maal het kwadraat van den *radius*, tot het vierkant dat gelijk is aan den inhoud van den cirkel.

VIETA p. 393.

BEWIJS. Men stelt de lijn zelve gelijk aan een: men berekent het kleinste stuk: en men vindt dat de gemelde evenredigheid ten naasten bij dat geen oplevert, dat uit de rede van LUSORIA volgt.

AANMERKING. Dit Voorstel geeft de volgende *constructie* van een vierkant wiens inhoud gelijk is aan dien van den cirkel. Fig. 168.

Laat BC, DE twee diameters zijn die zich reghoekig snijden: deel AC in uiterste en middelste rede in H. Trek EC: dus  $EC = \sqrt{2}$  en maak stel  $AF = \frac{1}{2} EC$ :

dus  $AF = \frac{\sqrt{2}}{2}$ . Trek BF verlengd: dus  $BF = \sqrt{1 + \frac{1}{2}}$ :

Trek FH: Maak  $BH : BC = BF : BI$ : dat is trek  $CI // FH$ : en BI zal de zijde van het gezochte vierkant zijn: en BIKL het vierkant zelf.

# ACHTSTE BOEK.

OVER HET METEN VAN HOEKEN DOOR CIRCULBOGEN EN HET BEREKENEN VAN DEZELVE DOOR CHOORDEN, SINUSSEN, TANGENTEN, EN SECANTEN.

## I. AFDEELING.

OVER HET METEN VAN HOEKEN DOOR CIRCULBOGEN.

### I. VOORSTEL. Fig. 170.

In den zelfden cirkel, of in gelijke cirkels, is er tuschen de hoeken, zoo wel in het middelpunt als in den omtrek, de zelfde rede als tuschen de bogen op welke zij rusten: het zelfde heeft voor de *Sectoren* plaats: en een hoek in het middelpunt staat tot vier rechte, als de boog op welken hij rust tot den geheelen omtrek.

EUCL. VI. 33. — L. G. II. 17.

BEREIDING. Men neme de bogen  $GB$ ,  $BI$ , gelijk aan  $AG$ ; en even veel bogen  $MN$ ,  $NO$  gelijk aan  $KM$ : men trekke  $CB$ ,  $CI$ ;  $LN$ ,  $LO$ .

BEWIJS. VOOR HET I. Uit de beschouwing dat boog  $AI$  en  $\angle ACI$  gelijkvouden zijn van boog  $AG$  en van  $\angle ACG$ : zoo als ook boog  $KO$  en  $\angle KLO$  van boog  $KM$  en van  $\angle KLM$ : en dan uit III. 3: V. 6. Gev. 1. en V. 5.

VOOR HET II. volgt uit het I.

VOOR HET III. Uit V. 6. Gev. 3.

### I. GEVOLG.

Een boog kan dan voor de maat van eenen hoek in het middelpunt gehouden worden, zoo lang men van den zelfden cirkel spreekt: en wij zullen die spreekwijze aannemen.

L. G. II. 17. Cor.

II.

## II. GEVOLG.

De maat van eenen hoek in den omtrek is de helft van den boog op welken hij rust: (I. Gev. en V. 5).

L. G. II. 18.

## II. VOORSTEL. Fig. 157.

De bogen [DF, AG] van ongelijke cirkels, op welke gelijke hoeken [ACG, DCF], namelijk alle in den omtrek, of alle in het middelpunt, rusten, zijn onderling in de zelfde rede als de omtrekken waarvan zij deelen zijn. En omgekeerd, indien twee bogen van ongelijke cirkels tot elkander staan als de geheele omtrekken, zullen de hoeken in het middelpunt, of de hoeken in den omtrek, die op dezelve rusten, gelijk zijn.

Zie KOENIG Cor. 2. op EUCL. VI. 33.

BEWIJS. VOOR HET I. GEDEELTE. Uit N°. 3 van het I. Voorstel, en III. Axioma 4.

VOOR HET II, Uit het I, door het ongerijmde

## I. GEVOLG.

Dus rusten, in ongelijke cirkels, gelijke hoeken op gelijkvormige bogen. (VII. 10. het 2. Gev.)

## II. GEVOLG.

De bogen van twee ongelijke cirkels, op welke gelijke hoeken rusten, zijn als de omtrekken, of als de halve middellijnen dier cirkels, en deze als de choorden dier bogen (VII. 10. en IV. 2.).

St. VI. 22. Gevolg.

## III. GEVOLG.

En omgekeerd, zoo bogen van ongelijke cirkels zijn als de geheele omtrekken, of de halve middellijnen, zullen de hoeken die op dezelve rusten gelijk zijn, en hunne choorden zullen zijn als de halve middellijnen.

## IV. GEVOLG.

Dus zijn, in alle cirkels, de bogen de eigenaartige maat der hoeken in het middelpunt: en de halve bogen die van de hoeken in den omtrek.

X

V.



### V. GEVOLG.

De zelfde stralen snijden gelijkvormige bogen van de omtrekken van cirkels die om het zelfde middelpunt staan.

Zie KOENIG 3. Cor. op EUCL. VI. 33.

### VI. GEVOLG.

Het meten der hoeken in graden steunt op het voorgaand Gevolg, en op VII. 10.

**I. AANMERKING.** Volgens een oud gebruik, deelt men den omtrek des cirkels in 360 *graden*, en de *graden* wederom, door eene gedurige zestigdeelige verdeling, in *minuten*, *seconden*, *tiercen*, enz. zoo dat een graad 60 *minuten*, eene minuut 60 *seconden*, eene seconde 60 *tiercen* enz. bevat. Waaruit volgt, dat de rechte hoek, of het vierde gedeelte des omtreks, 90 graden bevat, en de drie hoeken eens driehoeks te samen 180° uitmaken.

**II. AANMERKING.** Hierop, en op het vijfde Gevolg, steunen die instrumenten uit de Mathematische kokers, welke *Transporteurs* genoemd worden: en, in het algemeen, alle instrumenten hoegenaamd, welke tot het meten van hoeken dienen. De *Transporteurs* zijn van tweederlei gedaante: te weten of *cirkelvormige*, of in de gedaante eens regthoeks: in beide is de rand in graden verdeeld (soms ook in halve graden): doch op de eerstgemelde zijn alle graden gelijk, op de laatstgemelde zijn zij ongelijk.

Zij Fig. 171. de halve cirkel AFKA de Transporteur: waarvan C het middelpunt, doorgaans op de lijn AK, door een streepje aangeduid. De gelijke bogen AB, BD, DE, enz. duiden gelijke hoeken aan, ACB, BCD, DCE enz. en een dubbele, een drievoudige boog, dubbele, drievoudige hoeken.

Maar indien de Transporteur de gedaante heeft eens regthoeks bBIi; worden de graden op de zijden bB, BI, Ii aangeduid door de slippen, d, e, f, g, h, alwaar de *radii* CB, CD, CE, CF, CG, enz. uit het middelpunt getrokken naar gelijke bogen AB, BD, DE, EF, FG des halven cirkels, waarin de regthoek bBIi staat; en die dus op de zijden Bb, BI, Ii, niet dan ongelijke deelen Bd, de, ef, fg, gh, hI, kunnen afsnijden.

Het gebruik der beide werktuigen is het zelfde; en valt in het oog. Men legt de middellijn AK op eenen der beenen des hoeks, het middelpunt C op de kruin: de graad D blijv. of d, die het ander been CD aanduidt, toont aan hoe

hoe vele graden er in den hoek, of in den boog die deszelfs maat is, begrepen zijn.

III. AANMERKING. In latere tijden, en bij het daarstellen van het *decimaal stelsel van Maten en Gewigten*, heeft men voorgesteld den rechten hoek, of het vierde van den omtrek, ook *quadrant* genoemd, niet in 90, maar in 100 graden te verdeelen, welke als dan door de Fransche Schrijvers *grades* genoemd worden, om ze van de gewone *sexagesimale* verdeeling, waarin de graden den naam van *degrés* dragen, te onderscheiden. Ieder van die 100 graden wordt niet in 60, maar in 100 *seconden*, en iedere van de nieuwe *seconden* niet in 60 maar in 100 *tiercen* verdeeld, en alijd zoo voort. LE GENDRE heeft die verdeeling in zijne *Géometrie* aangenomen: en ook DE GELDER in zijne *Meetkunde*. Men kan over de groote voordeelen van die nieuwe verdeeling, over de wenschen van vroegere Wiskundigen om eene dergelijke werkhelling gemaakt te zien, over de pogingen van beroemde Mannen om ze in te voeren, nagaan het geen ik gezegd heb in mijne *Verhandeling over volmaakte Maten en Gewigten*, §. 120. en volgende. In dit werk zullen wij de oude verdeeling behouden.

IV. AANMERKING. Gelijk men den omtrek des cirkels met den *radius*, of met de middellijn heeft vergeleken, en in deelen van deze heeft uitgedrukt: zoo ook heeft men den *radius* uitgedrukt in deelen van den omtrek, dat is in *graden* en *minuten*: en hiertoe dient het volgende

### III. VOORSTEL.

De boog wiens lengte gelijk is aan den *radius*, bevat 57 graden, 17 minuten, 44,8 seconden.

BEWIJS. De halve omtrek staat tot den *radius*, als 355:113: dat is  $180^\circ: r = 355:113$ : en dus  $r = \frac{180^\circ \times 113}{355}$ : waaruit het Voorstel volgt.

#### I. GEVOLG.

De *radius*, in seconden uitgedrukt, bevat 206,264<sup>8</sup>.

AANMERKING. De *radius* in seconden uitgedrukt, wordt aangeduid door  $r''$ .

#### II. GEVOLG.

Een boog, in deelen van den *radius* uitgedrukt, en als eenheid beschouwd, zal in seconden uitgedrukt worden als men denzelfden door  $r''$  multiplieert: en een boog in *seconden*

conden uitgedrukt, zal tot deelen van den *radius* herleid worden als men denzelven door  $r''$  divideert.

#### IV. VOORSTEL. Fig. 158.

Gelijkvormige cirkelstukken  $[ABC, DEF]$  zijn die welke gelijke hoeken bevatten: en gelijkvormige *Sectoren* zijn die welke door stralen, gelijke hoeken bevattende, gevormd worden.

St. III. def. 11. prop. 13, 14, en VI. def. 7.

BEWIJS. VOOR HET I. Uit het I. Voorstel toont men dat de bogen, op welke de hoeken  $ABC$ , en  $DEF$  rusten, zijn als de omtrekken: en dus uit III. 8., dat de bogen  $ABC$  en  $DEF$  het ook zijn, waaruit het Voorstel door VII. 10. Gev. 3. volgt.

VOOR HET II. Uit de gelijkheid der hoeken, en dus de gelijkvormigheid der bogen, en hunne gelijke rede tot de stralen, (door het I. Voorstel, en VII. 10. Gev. 2.).

AANMERKING. EUCLIDES stelt dit Voorstel onder de *Axiomata* van zijn derde boek.

#### I. GEVOLG.

De bogen van gelijkvormige cirkelstukken, of *Sectoren*, zijn als de stralen der cirkels, of als de choorden waarop die bogen rusten.

L. G. IV. 11. Cor.

#### II. GEVOLG.

En dus zijn de gelijkvormige cirkelstukken, die op gelijke choorden staan, gelijk.

EUCL. III. 24.

#### III. GEVOLG.

En gevolgelyk kan men op eene lijn, aan den zelfden kant, geen twee cirkelstukken plaatsen, die gelijkvormig en tevens ongelijk zijn.

EUCL. III. 23. — St. III. 15.

#### IV. GEVOLG.

Gelijkvormige *Sectoren* en cirkelstukken zijn in verdubbelde rede der choorden op welke zij staan, of der

der middellijnen van de cirkels tot welke zij behooren (IV. 27. en VII. 10. Gev. 3).

L. G. IV. 11. Cor. — TACQUET Schol. op EUCL. XII. 2. — St. VI. 28. Gev. 2, 3 en 29.

### V. VOORSTEL. Fig. 157.

Bogen [AG, DE] van ongelijke cirkels, op welke ongelijke hoeken rusten, zijn in samengestelde rede der hoeken, en der stralen: en de hoeken zijn in samengestelde rede van de regte rede der bogen, en de omgekeerde rede der stralen.

BEREIDING. Men onderstelt de cirkels om het zelfde middelpunt te staan: en men verlengt CG in F.

BEWIJS. VOOR HET I  $\cap AG : \cap DF = CA : CD$  en  $\cap DF : \cap DE = \angle DCF : \angle DCE$ : I. Voorstel.  
derhalve  $\cap AG : \cap DE = CA \times \angle DCF : CD \times \angle DCE$  (III. 10).

VOOR HET II. Uit het eerste: en III. Ax. 5.

AANMERKING. Hoe wel dit Voorstel van veel gebruik is in de Sterrekunde, vindt men het echter bijna in geen *elementaire* boeken. Zie het bij LA CAILLE *Leçons d'Astronomie*. §. 124. en KRAFFT *Geometria sublimior*. §. 107.

### VI. VOORSTEL.

Sectoren van verschillende cirkels staan tot elkander in samengestelde rede der hoeken die zij uitmaken, en der vierkanten van de radii der cirkels waartoe zij behoren. En, indien de Sectors gelijkvormig zijn, zijn zij onderling als de vierkanten der middellijnen.

BEWIJS. Uit VII. 15. is

Sector CDE: Sector CAG =  $\cap DE \times CD : \cap AG \times AC$ ;  
maar  $\cap DE : \cap AG = \angle DCE \times CD : \angle ACG \times AC$ : dus  
Sector CDE: Sector CAG =  $\angle DCE \times CD^2 : \angle ACG \times AC^2$ .

KRAFFT *Geometria sublimior*, §. 107.

AANMERKING. De inhoud eens cirkelstuks [Fig. 122.] hangt van dien des Sectors af: want de inhoud van een cirkelstuk is gelijk aan het verschil of aan de som van dien des Sectors en dien des middelpunts, beide tot den boog van dat cirkelstuk behorende, naar mate het zelve [zoo als LKHL] kleiner, of [zoo als LPHL] grooter is dan de halve cirkel, en dus (VII. 15. Aanm. I. en IV. 9. Gev. 6) wordt een cirkelstuk

uitgedrukt door  $\frac{B \times r}{2} \mp \Delta LCH = \frac{B \times r}{2} \mp \frac{1}{2} LH.CI.$

Zie hier over nader het 8 Voorst. Gev. 2. van het IX. Boek.  
X 3 VII.

VII. VOORSTEL. Fig. 119.

De maat eens hoeks  $[BAD]$ , in het aanrakings stip  $[A]$ , door eene raaklijn  $[BA]$  en eene choorde  $[DA]$  gevormd, is de helft van den boog dien de choorde bespant.

L. G. II 19.

BEWIJS. Uit V. 8, en hier het II. Voorstel, 4. Gev.

VIII. VOORSTEL. Fig. 159, 160.

De maat eens hoeks  $[DAE]$  wiens kruin  $A$  niet op den omtrek des cirkels valt, is de helft van de som, of van het verschil, der bogen  $[DE, GH]$  op welke de beenen des hoeks, zoo noodig verlengd, rusten, naar mate de kruin binnen, of buiten, den cirkel valt.

L. C. §. 470.

BEZIDING. Men trekt  $HD$ .

BEWIJS. Uit I. 15. en hier het II. Voorstel, 4. Gev.

I. GEVOLG. Fig. 155.

Indien de kruin  $A$  zoodanig op de middellijn  $ACE$  genomen wordt, dat  $AG = GC$  is, zal de hoek  $FAE$  het derde gedeelte zijn van den hoek  $gCE$ .

BEWIJS.  $\angle A = \frac{1}{2} \cap gE - \frac{1}{2} \cap HG$ : en  $\angle GCA = \cap HG$ :  
dus:

$\frac{1}{2} \cap gE - \frac{1}{2} \cap HG = \cap HG$ : of  $\cap gE = 3 \cap HG$  en dus  
 $\angle gCE = 3 \angle GCH = 3 \angle A$ .

I. AANMERKING. Indien er dan een middel was om, een boog  $gE$ , of een hoek  $gCE$ , gegeven zijnde, eene snijlijn  $FGA$  zoodanig te trekken in een cirkel waarvan  $gC$  de *radius* is, dat het stuk buiten den cirkel gelijk zij aan den *radius*, zoude het zeer gemakkelijk vallen eenen hoek in drie gelijke deelen te verdeelen: doch het is niet mogelijk zoodanige lijn door middel van den cirkel en van de rechte lijn alleen, dat is, in den striksten zin *geometrisch*, te trekken.

VIETA heeft het vraagstuk van de verdeeling eens hoeks in drie deelen tot dit Voorstel gebragt (*Operum*, p. 245): en dit komt volmaakt overeen met het geen wij gezegd hebben, Boek I. 29. Aanm. 2.

II. GEVOLG. Fig. 123.

Zoo de kruin  $F$  des hoeks  $GFD$ , binnen den cirkel valt, waarin een der beenen van den hoek de diameter  $FCN$  des cirkels is; al verder, zoo die hoek zoodanig gesteld wordt, dat de choorde  $DG$  gelijk is aan  $FD$ , zal de boog  $DG$  het derde gedeelte zijn des boogs  $ABGD$ .

BE-

BEWIJS. Om dat  $GD = FD$ : is  $\angle GFD = \angle FGD$  (L. 27.) d. i.

$$\frac{\angle AN + \angle GD}{2} = \frac{\angle NED}{2} : \text{en } \angle AN + \angle GD = \angle NED:$$

derhalve  $\angle AN + 2 \angle GD = \angle NED + \angle DG = \frac{1}{2} \text{ Omt.}$ :  
 maar  $\angle AN + \angle ABG = \frac{1}{2} \text{ Omt.}$ : derhalve  $\angle AN + 2 \angle GD =$   
 $\angle AN + \angle ABG$ : of  $2 \angle GD = \angle ABG$  en  $3 \angle GD = \angle$   
 $ABG + \angle GD = \angle ABGD$ .

II. AANMERKING. Derhalve een gegeven boog AD zoude in drie deelen gedeeld kunnen worden, indien men eene middellijn ND geometrisch zoodanig schikken kon, dat de choorde DG gelijk wordt aan FD, het stuk dat van de choorde AD des gegeven boogs door die middellijn wordt afgesneden.

Ik heb deze oplossing gevonden in eenen brief in 1654 door KINER uit Praag aan HUYGENS geschreven.

#### VIII\*. VOORSTEL. Fig. 160.

De maat van den uitwendigen hoek [LKI], in den omtrek gemaakt door eene choorde [LK] en eene verlengde snijlijn [FI] is de helft van de som der bogen [LK en KF] die gemelde lijnen wederzijds van het snijpunt bespannen.

BEREIDING. Men trekt LF.

BEWIJS. Uit I. 15. en hier het II. Voorstel. 4. Gev.

## II. AFDEELING.

### VAN HET METEN EN BEREKENEN DER HOEKEN EN BOGEN DOOR CHOORDEN, SINUSSEN, TANGENTEN EN SECANTEN.

#### I. BEPALINGEN EN ALGEMEENE EIGENSCHAPPEN.

##### I. BEPALING. Fig. 172.

Men noemt *complement* van een' boog [DB] den boog [GD] dien men bij den boog [DB] voegen moet om het vierde gedeelte van den omtrek des cirkels uittemaken: en *supplement* den boog [AGD] dien men er moet bijvoegen om den halven omtrek uittemaken.

Insgelijks: men noemt *complement* van een' hoek [DCB], den

§28 VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.

den hoek  $[GCD]$  dien men bij denzelfven voegen moet, om een' rechten hoek te verkrijgen; en *supplement* den hoek  $[ACD]$ , die er bijgevoegd moet worden om twee rechten uittemaken.

St. VII. d. 2, 3.

I. AANMERKING. De woorden *complement* en *supplement* beteekenen beide *bijvoegsel*, of *aanvulsel*. Het gebruik heeft gewild dat het eene *aanvulsel* tot het vierde gedeelte des *omtreks*, het ander tot den halven *omtrek* zoude beteekenen.

GEVOLG.

Indien men eenen boog, of hoek (dat is het getal graden dat derzelver grootte aanduidt) van  $90^\circ$  en van  $180^\circ$  aftrekt, verkrijgt men het *complement* en het *supplement*.

II. AANMERKING. Daar de bogen de maat der hoeken zijn (Voorst. II. Gev. 4.) moet men in het vervolg door vierde gedeelte van den omtrek, of door halven omtrek, éenen rechten hoek, of twee rechte hoeken, verstaan: en 't geen men van bogen zeggen zal ook op hoeken toepassen, en omgekeerd.

II. BEPALING.

Men noemt *choorde* eens boogs de lijn  $[DB]$ , die beide de uitersten des boogs vereénigt: zij onderspant, wel is waar, zoo wel den boog  $[ADB]$  die met den voorgaanden  $[DB]$  den geheelen omtrek uitmaakt, als dien boog  $[DB]$  zelve: doch men verstaat altijd, stilzwijgend, alleen den boog die kleiner is dan de halve omtrek (\*).

III. BEPALING.

Men noemt *sinus* (of *hoekmaat*) eens boogs  $[DB]$ , de loodlijn  $[DI]$  die van een zijner uiteinden nedergelaten wordt op de middellijn  $[BA]$ , welke door het ander einde  $[B]$  gaat. En die zelfde loodlijn is ook de *sinus*, of *hoekmaat*, van den hoek  $[DCB]$ , waarvan de boog  $[DB]$  de maat is.

St. VII. def. 4. — L. G. Trig. §. 5.

I.

(\*) Deze bepaling is hier, gemakshalve, uit de I. Bepaling van het V. Boek, herhaald.

## II. Afd.: Over de Sinusfen, Tangenten en Secanten. 3:9

### I. GEVOLG.

De *sinus* eens boogs is ook de *sinus* van het supplement.

L. G. Tr. §. 10.

### II. GEVOLG.

Hoe grooter de boog is hoe grooter de *sinus* is, tot dat men eenen boog van negentig graden, of een vierde gedeelte van den omtrek, heeft: dan is de *sinus* gelijk aan den *radius*; waarom ook de *radius* de *geheele sinus* (*sinus totus*) genoemd wordt. De *sinusfen* [bijv. NP] van bogen [BGP] die grooter zijn dan 90 graden zijn wederom kleiner, en de *sinus* van 180°. is nul.

AANMERKING. Indien men nog verder dan den halven cirkel wilde gaan, bij voorbeeld tot den boog [BGAM], zonde de *sinus* NM zijn, de zelfde als voor BK, dat is voor het verschil tusfchen den gegeven boog en den halven omtrek: doch dan valt de *sinus* onder de middellijn, en dus aan het tegengestelde van den kant waarop men de *sinusfen* der bogen tot 180 gr. toe genomen heeft. Indien men zich herinnert wat wij (III. 22. Aanm. 2.) van *negatieve* grootheden en derzelver aard gezegd hebben, zal het blijken, dat die *sinusfen negatief* zijn: dus is  $\sinus 0^\circ = 0$ :  $\sinus 90^\circ = r$ :  $\sinus 180^\circ = 0$ :  $\sinus 270^\circ = -r$ :  $\sinus 360^\circ = 0$  en zoo voorts.

L. G. Tr. §. 7, 8, 9.

### IV. BEPALING. Fig. 172.

Men noemt *cosinus* of *mede-hoekmaat*, ook *schilboogs hoekmaat*, en meest *sinus-complement*, van een' boog [DB] of van een' hoek [DCB], den *sinus*, of hoekmaat, [HD] van zijn complement: of, wat op het zelfde uitkomt, het gedeelte [CI] van den *radius*, dat tusfchen het middelpunt des boogs, of den top des hoeks, en de ontmoeting van den *sinus* bevat is.

St. VII. def. 6. — L. G. Tr. §. 6.

### I. GEVOLG.

De *cosinus* is kleiner naar mate de boog of hoek grooter is: die van een' boog van 90 gr., of van een regten hoek, is *nul*: hij wordt grooter, en komt nader aan den *radius*, naar mate de boog kleiner wordt en dus nader aan



aan 0 graden komt. Dus is *cosinus*  $0^\circ$ . gelijk aan den *radius*.

## II. GEVOLG.

De *cosinus* eens hoeks of boogs is ook de *cosinus* van zijn supplement.

AANMERKING. [Fig. 172.] Indien men zich het geen wij III. 22. Aanmerking 2. over den aard der *negatieve* grootheden gezegd hebben herinnert, blijkt het dat de *cosinus*en van bogen tusſchen de  $90^\circ$  en  $270^\circ$  altijd *negatief* zijn: want men begint ze van C af te tellen: en dus voor de bogen van C af tot B toe naar den kant GB: doch voor de bogen van C door G tot A, naar den kant GA, en dus aan den anderen kant van het begin, of van den oorsprong, der telling: het geen juist het denkbeeld van eene *negatieve* grootheid uitmaakt: dus is *cosinus*  $0^\circ = r$ : *Cos.*  $90^\circ = 0$ : *Cos.*  $180^\circ = -r$ : *Cos.*  $270^\circ = 0$ : *Cos.*  $360^\circ = r$ .

Deze aanmerking is van gewigt: om dat men veeltijds uit het reeken  $+$  of  $-$  moet beoordeelen, of een bereken. de *cosinus* tot een' boog die kleiner dan  $90^\circ$ , of tot deszelfs supplement, dus tot een' boog die grooter dan  $90^\circ$  is, behoort.

## V. BEPALING. Fig. 172.

Men noemt *sinus-versus*, *verkeerde sinus*, of *pijl*, het gedeelte [BI] van den *radius* dat tusſchen het eene einde des boogs, en den *sinus*, begrepen is.

St. VII. def. 7.

## GEVOLG.

De *sinus-versus* is dus gelijk aan het verschil van den *sinus* en den *radius* voor hoeken, of bogen, die kleiner dan  $90$  graden zijn: doch voor hoeken of bogen die grooter dan  $90$  graden zijn, dat is voor de supplementen der eerstgemelden, is de *sinus-versus* [AI] gelijk aan de ſom van den *radius* [AC] en den *cosinus* [CI].

AANMERKING. De *sinus-versus* is dus altijd *positief* tot  $180^\circ$  toe, omdat hij altijd naar den zelfden kant geteld wordt, groeiende van 0 tot  $+r$  en  $+2r$ .

## VI. BEPALING. Fig. 172.

Men noemt *tangent* eens hoeks of boogs, dat gedeelte [BE]

[BE] van de onbepaalde raaklijn, het welk begrepen is tusfchen het ftip van aanraking [B], en de ontmoeting [E] van den verlengden *radius*, die door het ander eind [D] van den boog gaat.

St. VII. Bep. 2. — L. G. Tr. §. 5.

GEV. G.

De *tangent* wordt dus grooter naar mate de boog of hoek grooter wordt: doch de *tangent* eens boogs van 90 graden, kan den *radius*, die door het andere einde des boogs gaat, niet ontmoeten, om dat hij evenwijdig aan denzelven is: en dus is de *tangent*, in dat geval, onbepaald groot, of, gelijk Wiskundigen gewoon zijn te fpreken, *oneindig*. Doch de *tangenten* van hoeken, die grooter dan 90° zijn, zijn gelijk aan de *tangenten* der bogen of hoeken waarvan zij *supplementen* zijn.

L. G. Tr. §. 12.

AANMERKING. Indien men op het laatste gedeelte van dit gevolg let, zal men indedaad zien, dat, zoo de boog BG grooter is dan 90°, bijv. BGP, de *radius* CP nimmer de raaklijn BE boven de middellijn raken kan: maar indien men PC onder den diameter tot in Q verlengt, zal BQ, volgens de bepaling, de *tangent* van boog BK zijn: nu is  $BQ = EB = \text{tangent van den boog DB}$ , die het *supplement* is van boog PGD.

En indien men al verder let op het geen wij in het III. Boek, XXII. Voorftel, Aanm. 2. gezegd hebben, over den aard der *negatieve* grootheden, blijkt het, dat BQ als *negatief* beschouwd moet worden: en dus is  $\text{Tangens } 0^\circ = 0$ :  $\text{Tang. } 90^\circ = \text{oneindig}$ :  $\text{Tang. van een' boog grooter dan } 90^\circ \text{ negatief}$ :  $\text{Tang. } 180^\circ = 0$ :  $\text{Tang. boog grooter dan } 180^\circ \text{ tot } 270^\circ \text{ positief}$ :  $\text{Tang. } 270^\circ = \text{oneindig}$ :  $\text{Tang. boog grooter dan } 270^\circ \text{ tot } 360^\circ \text{ negatief}$ :  $\text{Tang. } 360^\circ = 0$ .

Wij zullen in het vervolg (Aanm op Voorftel XIX.) zien, hoe dit met het geen wij van *positieve* en *negatieve sinusfen* en *cofinusfen* gezegd hebben, overeenkomt.

VII. BEPALING. Fig. 172.

De *Cotangent* [GF] of *mede-raaklijn*, ook *tangent-complement* genoemd, is de *tangent* van het complement eens gegeven boogs, of hoeks.

St. VII. def. 9.

GE-

GEVOLG.

De *Cotangent* wordt dus kleiner naar mate de hoek grooter is: is *nul* voor een' regten hoek, *oneindig* voor den hoek dien men zoude begrijpen *nul* te zijn.

AANMERKING. Het geen wij voor het *positieve* of *negatieve* van den *tangent* gezegd hebben, heeft ook voor den *cotangent* plaats.

VIII. BEPALING. Fig. 172.

De *Secant* of *snijslijn* [CE] van een' boog of hoek, is de *radius* tot aan de *tangent* verlengt.

St. VII. def. 8. — L. G. Tr. §. 5.

GEVOLG.

De *secant* is dus grooter naar mate de hoek grooter is: die van een' boog of hoek van 90 gr. is *oneindig*: doch de *secanten* van bogen die grooter dan 90° zijn, zijn de zelfde als de *secanten* der bogen, of hoeken, die kleiner dan 90° zijnde, de supplementen van de eerstgemelde zijn.

AANMERKING. Het geen wij over het *positieve* of *negatieve* van de *tangenten* gezegd hebben, heeft op de zelfde wijze voor *secanten* plaats.

IX. BEPALING. Fig. 172.

*Cofecant* [CF], of *mede-snijslijn*, ook *secant-complement* genoemd, is de *secant* van het *complement*.

GEVOLG.

De *Cofecant* wordt kleiner naar mate de boog grooter wordt: die van 90° is *nul*: die van eenen boog, welken men begrijpen zoude *nul* te zijn, is *oneindig*.

AANMERKING. Het geen wij van het *positieve* en *negatieve* van de *secanten* gezegd hebben, heeft hier even eens plaats.

X. BEPALING.

Alle de opgenoemde lijnen, choorden, *sinus*, *cosinus*, *tangent*, *cotangent*, *secant*, *cofecant*, *sinus-versus*, worden thans onder den algemeenen naam van *goniometrische lijnen* begrepen, dat is van lijnen ter hoek-meting geschikt.

AAN-

**AANMERKING.** De eigenschappen der *choorden*, *sinusfen*, *tangenten* en *secanten*, worden ten vollen door de Meetkunde bewezen, en uit de eigenschappen van den cirkel en van gelijkvormige driehoeken afgeleid: en in zoo verre behooren die lijnen tot de Meetkunde zelve. Doch de Wiskonstenaars gaan verder; zij vergelijken de hoegrootheid dier lijnen met den *radius*, en drukken dezelve door getallen uit. Dit gaat buiten de palen van het geen de Ouden, in den striksten zin, Meetkunde noemden: vooral daar de *choorden*, *sinusfen*, *tangenten* en *secanten*, alle (op vier na, *choorde*  $60^\circ$ , *sinus*  $30^\circ$ , *tangens*  $45^\circ$  en *secans*  $60^\circ$ ) door onmeetbare getallen, en dus slechts ten naasten bij, kunnen worden uitgedrukt.

Dan, daar wij nu over die lijnen, meer bepaaldelijk, ten nutte van de praktijk spreken zullen, en wel met oogmerk om aantetoonen, hoe men derzelve grootheid berekent, zullen wij geen zwaarigheid maken, de verkorte uitdrukkingen, in het IV. Boek, IX. Voorstel, Gevolg 2. uitgelegd, te gebruiken: en van het *product* van twee lijnen te spreken, om den regthoek, door dezelve gemaakt, aan te duiden. Ons XII. Voorstel, bij voorbeeld, zoude, volgens de strikte spreekwijze der Ouden, welken wij tot nu toe in acht genomen hebben, dus uitgedrukt worden: „de regthoek uit de choorde, die de som van twee bogen bespant, en de middellijn, is gelijk aan de som der regthoeken uit de choorde van elken boog, met de choorde van het supplement des anderen boogs.” De volgende Voorstellen konden op de zelfde wijze uitgedrukt worden. Hoe wel nu deze uitdrukkingen, mischien, meer in den smaak der Ouden zouden vallen, verkiezen wij de andere te gebruiken, die korter zijn, en meer onmiddellijk in de berekeningen te pas komen; vooral daar wij dezelve zeer naauwkeurig uitgelegd, en tevens aangetoond hebben, hoe zij in de daad uit de striktste bewijzen der Meetkunde zelve afgeleid worden. Wij hebben daarin te minder zwaarigheid gemaakt, daar EUCLIDES en ARCHIMEDES zelve ze gebruikt hebben. zoodra het op het rekenen in getallen aankwam, zoo als duidelijk blijkt uit het VII. en X. Boek van EUCLIDES, waarvan wij verscheiden plaatsen hebben aangehaald, en uit het werk van ARCHIMEDES over den cirkel. Dit zij over onze manier van handelen in de volgende Voorstellen genoeg.

IX. VOORSTEL. Fig. 172.

De reden van choorden  $[DB \text{ en } db]$ , *sinusfen*  $[DI \text{ en } di]$ , verkeerde *sinusfen*  $[BI \text{ en } bi]$ , *tangenten*  $[BE \text{ en } be]$ ,

*bc*], *secanten* [CE en Ce], *cosinusfen* [CI en Ci], *cotangenten* [GF en gf], *cosecanten* [CF en Cf] van gelijke hoeken, of van bogen die gelijke hoeken bespannen, en dus gelijkvormig zijn, tot den *radius*, zijn in alle cirkels, welke ook derzelver grootte zijn moge, de zelfde.

BEWIJS. Uit de gelijkvormige driehoeken, door IV. 2.

#### GEVOLG.

De *choorden*, *sinusfen*, *tangenten*, *secanten*, zijn dus ook eene ware maat van de bogen en van de hoeken: en, welke ook de grootte van den *radius* zijn moge, worden die *choorden*, *sinusfen*, *tangenten*, *secanten*, altijd door het zelfde getal deelen van dien *radius* uitgedrukt.

#### X. VOORSTEL.

De laatste rede van den boog, van de choorde, van den *sinus* en van den *tangent* is die van gelijkheid: die van den *cosinus* en van den *secant* is de *radius*: de middellijn is die des *cosinus* van het supplement eens boogs,

BEWIJS. Uit VII. 3. om dat de boog de limiet is van choorde, *sinus* en *tangent*: de *radius* die van *cosinus* en *secant*: en de middellijn is de limiet van den *cosinus* - supplement, of van den *cosinus* van  $180^\circ$ .

#### I. GEVOLG.

De *sinusfen* en *tangenten* van zeer kleine bogen volgen zeer ten naasten bij de rede van de bogen zelve: en hoe kleiner die bogen zijn hoe nauwkeuriger die gelijkheid van rede plaats heeft.

#### II. GEVOLG.

De boog van  $1''$  is klein genoeg om den *sinus* te houden voor gelijk aan den boog zelve: of  $\sin 1'' \approx 1''$ : en derhalve (Voorst. III. Gev. 1 en 2.) de *radius* in seconden

$$\text{uitgedrukt} = \frac{1}{\sin 1''}$$

AANMERKING. De boog van ééne seconde indien de *radius* door 1 wordt uitgedrukt, is

$$0.00000,4848,1368,11$$

$$\text{deszelfs sinus } 0.00000,4848,1368,09.$$

De boog zelfs van  $1'$  verschilt al zeer weinig van zijnen *sinus*: want dezelve is

$$0.00029,088810,8666$$

$$\text{en deszelfs sinus } 0.00029,088820,4569.$$

#### III.

III. GEVOLG.

Indien dan een boog  $B$  zeer klein is, is  $B = \sin. B$ ; en dus  $\frac{\sin. B}{B} = 1$ ; en indien  $B = x - y$ , is  $\frac{\sin. (x - y)}{x - y} = 1$ :

d. i. hoe kleiner het verschil van twee bogen is, hoe nader de *sinus* van den boog welke dat verschil uitdrukt, gedeeld door dien boog zelven, aan de eenheid komt; indien  $x = y$  of  $x - y = 0$ , heeft zulks plaats.

IV. GEVOLG.

Insgelijks indien  $B$  zeer klein is, is  $\frac{\tan. B}{B} = 1$ . en

$$\frac{\tan. (x - y)}{x - y} = 1.$$

V. GEVOLG.

Ook is, zoo  $B$  zeer klein is,  $\frac{\text{choorde } B}{B} = 1$ . en

$$\frac{\text{choorde } (x - y)}{x - y} = 1.$$

D. G. Handleiding, §. 969.

II. EIGENSCHAPPEN EN BEREKENING DER CHOORDEN.

XI. VOORSTEL. Fig. 156.

Indien twee ongelijke bogen van den zelfden cirkel gegeven zijn ( $\frown BG$ ,  $\frown AB$ ) zal de choorde van den grootsten eene kleiner rede hebben tot de choorde van den kleinsten, dan de grootste boog tot den kleinsten.

**BEREIDING** Zij de lijn  $BD$ , die den hoek  $ABG$  in twee gelijke deelen deelt: men trekke  $AG$ ,  $DA$ ,  $DG$ : en uit  $D$ ,  $DZ \perp$  op  $AG$ . Men beschrijve uit  $D$  met den *radius*  $DE$  eenen cirkelboog die de verlengde  $DZ$  snijdt in  $T$ , en  $DA$  in  $H$ .

**BEWIJS.** Om dat  $\angle DBG = \angle ABD$ : is  $DG = AD$ : en om dat  $BG > AB$  is  $EG > AE$ : Maar *sector*  $ETD > \Delta DEZ$ : en  $\Delta DEA > \text{sector } HDE$ ; derhalve  $\Delta DEZ : \Delta DEA < \text{sector } DET : \text{sector } DEH$ : maar  $\Delta DEZ : \Delta DEA = EZ : EA$ : derhalve  $EZ : EA < \text{sector } DET : \text{sector } DEH$ ,  $< \angle EDZ : \angle EDA$ : en componendo.

$EZ + EA$  (of  $AZ$ ):  $EA < \angle ZDA : \angle EDA$ : en des ook om dat  $AB = DG$ : en  $AZ = ZG$ ; 2.  $AZ$  (of  $GA$ ):  $EA <$

336 *VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.*

$\angle GDA : \angle EDA$ : en *dividendo*  $GA - EA : EA < \angle GDE$ ,  
 $\angle EDA$ : maar  $GE : EA = GB : BA$ : en dus  $\angle GDE$  of  $\angle GDB$ :  
 $\angle EDA = \angle BG : \angle AB$ : en derhalve  $GB : BA < \angle BG$ :  
 $\angle AB$ .

AANMERKING. Dit Voorstel is van PROLEMAEUS, die het, even als de twee volgende in zijn *Almagestum*, I. Boek, Hoofdst. IX. heeft voorgedragen.

GEVOLG.

De choorde eens boogs staat dan tot de choorde van eenig gedeelte deszelfven, bijv. het  $\frac{1}{m}$ , in kleinere rede dan  $m : 1$ : en dus is de choorde van  $\frac{1}{3}$  gedeelte van den boog grooter dan het  $\frac{1}{3}$  gedeelte van de choorde des geheelen boogs.

XII. VOORSTEL. Fig. 132.

Het vierkant der middellijn is gelijk aan de som der vierkanten van de choorde eens boogs, en van de choorde van het supplement

$$\text{dat is, } \overline{AB}^2 = \overline{AE}^2 + \overline{BE}^2.$$

BEWIJS. Uit V. 7. en II. 16.

GEVOLG.

De middellijn van den cirkel, en de choorde eens boogs gegeven zijnde, vindt men gemakkelijk de choorde van het supplement

$$\text{dat is, } \overline{AE}^2 = \overline{AB}^2 - \overline{BE}^2.$$

I. AANMERKING. De choorde van eenen boog van  $60^\circ$ . is de zijde van den regelmatigén zeshoek in den cirkel beschreven (VI. 8. Gev 2.), en is dus gelijk aan den *radius*. Alle andere choorden worden gevonden met den wortel uit getallen te trekken: doch deze zijn geen kwadraat-getallen: en dus vindt men die choorden slechts bij nadering.

II. AANMERKING. Hierop, dat namelijk de choorde van  $60^\circ$  gelijk is aan den *radius*, steunt het gebruik van die lijnen op den *proportioneel-pasfer* welke met de letter C, of het woord *choorde*, bestempeld zijn. Zij dienen om de choorden van alle hoeken, of bogen, gemakkelijk te vinden; en omgekeerd, om uit de grootte der choorde de hoeken op te maken. De afstand van het begin der schaal (dat is op den *proportioneel-pasfer* van het middelpunt deszelfven af) tot

tot 60, is de choorde van 60 gr., en dus de *radius*. Het gebruik is gevestigd op IV. 2.

Men vindt ook dergelijke lijnen van choorden op de *pleinschalen*: derzelver gebruik is bepaald tot den *radius* van de schaal, daar de *proportioneel-pasjer* voor alle mogelijke *radii* dient.

III. AANMERKING. De lijn der choorden dient ook om de zijden van de regelmatige veelhoeken, met betrekking tot den *radius*, te vinden: die zijden immers zijn de choorden der *middelpuntshoeken*. De lijn der choorden is zelfs tot die verrigting ruim zoo geschikt als die der *polygonen*.

IV. AANMERKING. Op de pleinschalen staat de lijn der choorden meestal in verband met eene lijn gemerkt R, of met het woord *Rhumb*, en in 8 grootere deelen, en vervolgens ieder deel in vier onderdeelen, verdeeld. Het achste valt op 90°. Deze dient voor de zeelieden om de *Rhumbs*, of *compasfreeten*, en daar door hunnen koers, gemakkelijk in hunne figuren, of kaarten, over te brengen. Het vierde gedeelte des omtreks van den cirkel bevat 8 streeken; iedere streek is dus een hoek van 11½ gr.: ook komt de eerste streek op de lijn R overeen met 11½ op de lijn der *choorden*; de tweede met 22½ enz.

### XIII. VOORSTEL. Fig. 140.

De choorde [DB] van de som van twee boogen [AD, AB] is gelijk aan de som der producten van iedere choorde met de choorde van het supplement des anderen boogs gemultipliceerd, en door de middellijn gedevideerd, dat is,

$$DB = \frac{AB \times DI + AD \times IB}{AI}$$

BEREIDING. Men trekt de middellijn IA: en de supplement-choorden BI, DI: dan is ABID een vierhoek in den cirkel beschreven, waarvan DB de eene diagonaal en de middellijn AI de andere diagonaal is.

Bewijs. Uit VI. 7. welk Voorstel, het Voorstel van PTOLÉMAËUS genoemd, indedaad met dit overeenkomt, zoo men voor de reghoeken de producten der lijnen, dat is de producten der getallen die de lengte der lijnen uitdrukken, stelt: en ook PTOLÉMAËUS heeft dit Voorstel gebruikt om de choorden te berekenen.

### I. GEVOEG.

Wanneer dus de choorden van twee bogen bekend zijn, kan men de choorde van de som dier bogen vinden: want men berekent eerst door het XII. Voorstel, Gév. de choorden



den der supplementen, en dan door dit Voorstel de gevraagde choorde der som; en ook dit is door PTOLEMAEUS verrigt.

## II. GEVOLG.

De choorde eens boogs, die het dubbeld is van een' gegeven boog, is gelijk aan het product der choordè van den boog door de choorde van het supplement gemultipliceerd, en door den *radius* gedevideerd; dat is, zoo  $AB = AD$ , is

$$DB = \frac{AB \times DI}{AI}.$$

## III. GEVOLG.

Op de zelfde wijze vindt men de choorde van eenen drievoudigen, vijfvoudigen, enz. boog; met door ons Voorstel en door het II. Gevolg, de choorde te berekenen van den boog die de som is van den enkelen en den dubbelden, vervolgens van den dubbelden en den drievoudigen, enz.

## IV. GEVOLG.

De choorde  $AB$  van het verschil van twee bogen ( $\cap DAB$  en  $\cap DPA$ ) is

$$AB = \frac{AI \cdot DB - AD \cdot IB}{DI}.$$

BEWIJS. Het volgt onmiddellijk uit dit Voorstel; en het is ook door PTOLEMAEUS verrigt.

## XIV. VOORSTEL. Fig. 143.

De choorde eens boogs [ $IE$ ] die de helft is van een' gegeven boog [ $FIE$ ] is gelijk aan den vierkants-wortel van het product uit den *radius* [ $CE$ ] en het verschil [ $QE$ ] van de middellijn en de choorde [ $TE$ ] van het supplement des gegeven boogs [ $FIE$ ]: dat is,  $IE = \sqrt{CE \times [TE - TF]}$ .

BEWIJS. De choorde van een' boog is altijd de zijde van eenigen veelhoek: dus is de choorde van den halven boog de zijde des veelhoeks die eens zoo veel zijden heeft: en gevolgelyk is dit Voorstel het vermaard Voorstel van PTOLEMAEUS door ons in het XXVI. Voorstel van het VI. Boek bewezen.

## GEVOLG.

Men kan derhalve de choorden berekenen van alle de bogen, die door eene gedurige verdeling in twee gelijke deelen voorkomen: en die rekening wordt nog gemakkelijker gemaakt door het Voorstel van SNELLIUS dat het Gevolg is van het XXVI. Voorstel des VI. Boeks.

## II. Afd.: Over de Sinusfen, Tangenten en Secanten. 339

I. AANMERKING. Men kan de choorde van de helft eens gegeven boogs nog op eene andere wijze vinden.

Want, daar  $FI = IE$  is, zij  $CK$  loodregt op  $FE$ , en dus  $KE = \frac{1}{2} FE$ : maar  $CK = \sqrt{CE^2 - EK^2}$ ;  $KI = CI - CK$ ,  $IE = \sqrt{KE^2 + KI^2}$ : en stellende voor  $KI^2$ , de waarde genomen door (II. 3. Gev. 3.) uit  $[CI - CK]^2$ ; is  $IE = \sqrt{KI \cdot BI}$ ; zijnde  $KI$  de helft van  $ZI$ : en  $ZI = BI - BZ = BI - BL$ : het geen is het Voorstel van PTOLEMAEUS voor de choorde van den boog  $[InE]$ , die de helft is van den gegeven boog  $[IE.L]$ .

II. AANMERKING. Men kan dus gemakkelijk de choorden van alle hoeken of bogen berekenen: want die van  $60^\circ$  is gelijk aan den *radius*: en door de verdeling in twee deelen, vindt men die van  $30^\circ$ ;  $15^\circ$ ;  $7^\circ$ ,  $30'$ ;  $3^\circ$ ,  $45' = 225'$ : dan die van een vijfde gedeelte van  $225'$  of van  $45'$ : dan die van een derde gedeelte van  $45'$  of van  $15'$ : wederom die van een vijfde gedeelte of van  $3'$ : wederom die van een derde gedeelte of van  $1'$ . Om de choorden van bogen te vinden die het derde, of het vijfde, gedeelte zijn eens gegeven boogs, gebruikt men eene soort van *valsche positie*: de choorde van het derde gedeelte van een' boog is iets grooter dan het derde gedeelte van de choorde des gegeven boogs (Voorstel XI. Gev.): men neemt dan een getal dat iets grooter is dan het gemelde derde gedeelte, en gebruikt dit als of het de ware choorde was: die choorde aannemende berekent men de choorde van den drievoudigen boog (door het XIII. Voorst. Gev. 3.) welke dus de gegeven choorde zijn moet: zoo er eenig verschil is, maakt men dezen regel van drieën:

De gevonden choorde staat tot het getal dat men gesteld heeft voor de choorde van het derde deel des boogs, als de ware choorde van den gegeven boog tot de ware choorde van het derde gedeelte: en deze regel stemt hierop, dat voor bogen die weinig van elkander verschillen, de aanwas der choorden de zelfde rede als die der bogen volgt, gelijk reeds uit de Theorie der limieten is op te maken, en verder in ons XXI. Voorstel Gev. 6. blijken zal.

Indien men dan de choorde van  $7^\circ. 30'$  heeft, kan men op die wijze de choorde van het derde gedeelte, of van  $2^\circ. 30'$  zoeken: en dan van het 5. gedeelte van  $2^\circ. 30'$  of van  $30'$ : en dan van het derde gedeelte, of van  $10'$ : en dan van het vijfde gedeelte of van  $2'$ : en dan van de helft of van  $1'$ : waaruit men alle andere choorden vindt.

Men kan hier over nazien DEPARCIEUX *Nouveau Traité*  
Y 2 de

## 340 VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.

de *Trigonometrie*, p. 4—12: die deze zaak uitmuntend behandeld heeft.

III. AANMERKING. PTOLOMAEUS is de eerste Schrijver, welke ons de eigenschappen der choorden op die wijze heeft doen kennen, en Tafels van choorden berekend heeft, van halve tot halve graden, beginnende met  $30'$  en eindigende met  $180^\circ$ . Hij verdeelde den *radius*, volgens de gewoonte van dien tijd, in 60 deelen: en ieder dezer deelen wederom in 60, en altijd zoo voort volgens de *sexagesimale* verdeling. De LAMBEK heeft de berekeningen van PTOLOMAEUS zeer nauwkeurig bevonden. Men gebruikte de choorden en derzelver Tafels toen de *sinussen* en *tangenten* nog niet bekend waren. Nu gebruikt men alleen deze, welke aan de Grieken onbekend waren: het zal uit het XV. Voorstel blijken dat men de *sinussen* uit de choorden, en wederkerig deze uit gene kan opmaken.

### III. EIGENSCHAPPEN EN BEREKENING DER SINUSSEN EN SINUS VERSUS.

#### XV. VOORSTEL. Fig. 172.

De *sinus* [DI] van eenen boog [BD] is de helft van de choorde [DK] eens dubbelden boogs [DBK]: en de choorde eens boogs is tweemaal de *cosinus* van het halve supplement.

TACQUET *Trigon. Lemma*. p. 335. — L. G. *Trigon*. §. 15.

BEWIJS. VOOR HET I. Uit V. 6. en de derde Bepaling.

VOOR HET II. Uit het I. is choorde  $B = 2 \sin. \frac{1}{2} B = 2 \cos. (90^\circ - \frac{1}{2} B) = 2 \cos. \left( \frac{180 - B}{2} \right) = \cos. \text{ halve supplement } B.$

#### I. GEVOLG.

Men kan dan de *sinussen* uit de choorden, en omgekeerd, de choorden uit de *sinussen* opmaken.

#### II. GEVOLG.

De *sinus* van den hoek, of boog, van  $30^\circ$ , en derhalve ook de *cosinus* van den hoek, of boog, van  $60^\circ$ , is de helft van den *radius*, of van den *sinus* van  $90^\circ$  (Bep. 3. Gev. 2.) d. i. van het vierde gedeelte des omtreks.

SL. VII. 2.

AANMERKING. Hierop steunen, op de *proportioneel-pasfers*, en

## II. Afd.: Over de Sinusfen, Tangenten en Secanten. 341

en ook op de pleinschalen, de lijnen welke den naam van *sinus* dragen, of met eene groote S bestempeld zijn. Zij dienen om de hoeken door middel van den *sinus* te beschrijven: of den *sinus* voor eenen gegeven hoek, en voor eenen bepaalden *radius*, optemaken.

### III. GEVOLG.

De zijde van een' veelhoek in den cirkel beschreven, is het dubbeld van den *sinus* des halven middelpunts-hoeks: zoo dat men die zijden zeer gemakkeijk vinden kan, wanneer de *sinusfen* van alle bogen met genoegzame náauwkeurigheid berekend zijn.

### XVI. VOORSTEL.

De *sinus* van een' grooteren boog heeft tot dien van een kleineren boog eene kleinere rede dan de grootste boog tot den kleinsten.

BEWIJS. Zij A de grootste boog, en a de kleinste: dan is (Vorst. XV.)  $\sin. A = \frac{1}{2}$  choorde 2 A, en  $\sin. a = \frac{1}{2}$  choorde 2 a. Maar choorde 2 A: choorde 2 a < 2 A: 2 a < A: a (Vorst. XI): dus  $\sin. A: \sin. a < A: a$ .

### GEVOLG.

De *sinusfen* groeijen aan, of nemen af, in kleinere rede dan de bogen tot welke zij behooren: naar mate de bogen grooter zijn, wordt het verschil grooter: doch het is voor zeer kleine bogen onmerkbaar.

### XVII. VOORSTEL. Fig. 172.

De som der vierkanten van den *sinus* en van den *cosinus* eens boogs, is gelijk aan het vierkant van den *radius*: dat is,

$$r^2 = \overline{\sin.}^2 + \overline{\cos.}^2.$$

L. G. Tr. §. 16.

BEWIJS. Uit II, 16.

### I. GEVOLG.

Wanneer de *radius* en de *sinus*, of de *cosinus*, gegeven zijn, vindt men gemakkeijk den *cosinus* of den *sinus*: want

$$\overline{\sin.}^2 = r^2 - \overline{\cos.}^2 = (r + \cos.) (r - \cos.)$$

$$\overline{\cos.}^2 = r^2 - \overline{\sin.}^2 = (r + \sin.) (r - \sin.).$$

JACQUET *Trigon. Perism.* I. — St. VII. 2.

II. GEVOLG.

$$\sin.^2 45^\circ + \cos.^2 45^\circ = 2 \sin.^2 45^\circ = 2 \cos.^2 45^\circ = r^2 \text{ en}$$

$$\sin. 45^\circ = \cos. 45^\circ = \frac{r}{\sqrt{2}}.$$

III. GEVOLG.

$$\sin. 60^\circ = \cos. 30^\circ = \frac{r}{2} \sqrt{3}.$$

BEWIJS.  $\sin.^2 60 + \sin.^2 30^\circ = r^2$   
 of  $\sin.^2 60 + \frac{r^2}{4} = r^2$  (Voorst. XV. Gev. 2.)  
 of  $\sin.^2 60 = \frac{3}{4} r^2$ : en  $\sin. 60^\circ = \frac{1}{2} r \sqrt{3}.$

AANMERKING.  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ , en  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  komen dikwerf in berekeningen to pas: wij zullen ze om die reden hier bijvoegen.

$$\sqrt{2} = 1.41421356$$

$$\sqrt{3} = 1.73205081$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.70710678$$

XVIII. VOORSTEL. Fig. 173.

De *sinus* [LM] van de helft van een' boog is gelijk aan den wortel uit het halve product van den *radius* en den *sinus versus*: of aan de helft van den wortel uit de som van de vierkanten van den *sinus* en den *sinus versus*: doch de *cosinus* [CM] van de helft van een' boog is gelijk aan den wortel uit het halve product van den *radius* en den *sinus versus* van het supplement: dat is

$$\sin. \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{1}{2} r \times \sin. v. B} = \sqrt{\frac{1}{2} r (1 - \cos. B)}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\sin. B^2 + \sin. v. B^2}:$$

en

$$\cos. \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{1}{2} r \times \sin. v. \text{supp. } B} = \sqrt{\left(\frac{r + \cos. B}{2}\right) r}.$$

St. VII. 4. Gev. 1. — L. G. Tr. §. 20.

BEWIJS. VOOR HET KERSTE. Uit de gelijkvormige driehoeken ABL, en LBN, en de opmerking dat LM =  $\frac{1}{2}$  LB.

VOOR HET II. Uit II. 16. op den driehoek LBN toegepast.

Voor

VOOR HET III. Uit de beschouwing dat  $\cos. = \sqrt{r^2 - \sin.^2}$  en voorts uit het I.

GEVOLG.

$$\begin{aligned} \sin.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) \times \cos.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) &= \frac{1}{4} r^2 \times \sin. v. B. \sin. \\ v. \text{supp. } B &= (\text{Bep. 5. Gev.}) \frac{r^2}{4} (1 - \cos. B) (1 + \cos. B) \\ &= \frac{r^2}{4} (1 - \cos.^2 B) = \frac{r^2 \sin.^2 B}{4} \text{ en dus } \sin. v. B = \\ &= \frac{\sin.^2 B}{\sin. v. \text{supp. } B} \end{aligned}$$

AANMERKING. Zie andere uitdrukkingen van den *sinus versus*, Bep. V. Gev. en Voorst. XXIII.

XIX. VOORSTEL. Fig. 174.

Indien men op den omtrek eens cirkels eenen bepaalden boog [AY] aanneemt, vervolgens den dubbelden boog [AD] en bogen [DE, EF, FG, GH] ieder gelijk aan dien dubbelden boog [AD]; zal de *radius* staan tot tweemalen den *cosinus* van dien boog, als de *sinus* van dien boog tot den *sinus* van den dubbelden boog: als de *sinus* van den dubbelden boog tot de som der *sinusfen* van den drievoudigen boog en van den enkelden: als de *sinus* van den drievoudigen boog tot de som der *sinusfen* van den viervoudigen en van den dubbelden: in één woord als de *sinus* van den  $n - 1$  boog tot de som der *sinusfen* van den  $n$ . boog en van den  $n - 2$  boog.

BEREIDING. Zij AY de boog, ACZ de middellijn: neem YD = AY; DE = EF = FG = GH = AD. Trek de choorden AY, AD, AE, AF, AG, AH: en ZD, ZE, ZF, ZG: verleng AF, AG, AH, enz.: maak EI = AE: FK = AF: GL = AG enz.

BEWIJS.  $\angle DAE = \angle EAF = \angle FAG = \angle GAH$  enz. en uit II. 27.  $\angle I = \angle EAI: \angle K = \angle FAG: \angle L = \angle HAG$ : zoo dat alle de  $\Delta \Delta ADE, AEI, AFK, AGL$  gelijkbeenig, en boven dien onderling gelijkhoekig, en derhalve gelijkvormig zijn, en met  $\Delta DZC$ : om dat  $\angle DZC$ , of  $\angle DZA = \angle DAE = \angle CDZ$ . Verder  $\Delta EFI = \Delta ADE$ ;  $\Delta FGK = \Delta EAF$ ;  $\Delta GHL = \Delta FAG$ : en derhalve  $FI = DE$ ,  $GK = AE$ ,  $HL = AF$  enz. derhalve

$$DC: DZ = AD: AE$$

$$= AE: AI = AF + FI = AF + AD$$

$$Y 4$$

$$=$$

844 VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.

$$\begin{aligned} &= AF: AK = AG + GK = AG + AE \\ &= AG: AL = AH + HL = AH + AF. \\ &\text{enz.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maar } DZ &= 2 \cos. \frac{1}{2} \angle AD = 2 \cos. \angle AY \text{ (Voorst. XV.)} \\ AD &= 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AD = 2 \sin. \angle AY \\ AE &= 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AE = 2 \sin. \angle AD = 2 \sin. 2 \angle AY \\ AF &= 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AEF = 2 \sin. \frac{3}{2} \angle AD = 2 \sin. 3 \angle AY \\ AG &= 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AEG = 2 \sin. \frac{4}{2} \angle AD = 2 \sin. 4 \angle AY \\ AH &= 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AEGH = 2 \sin. \frac{5}{2} \angle AD = 2 \sin. 5 \angle AY \\ &\text{enz.} \end{aligned}$$

Dat is, stellende B voor  $\angle AY$ ,

$$\begin{aligned} r: 2 \cos. B &= \sin. B: \sin. 2 B \\ &= \sin. 2 B: \sin. 3 B + \sin. B \\ &= \sin. 3 B: \sin. 4 B + \sin. 2 B \\ &= \sin. 4 B: \sin. 5 B + \sin. 3 B \text{ enz.} \\ &= \sin. (n-1) B: \sin. n B + \sin. (n-2) B. \end{aligned}$$

I. AANMERKING. Dit Voorstel, doch op de choorden toegepast, is reeds in 1633 gebruikt door GELLIBRAND *Trigon. Britannica*, Cap. II. *Lemma*. Daar na, even als het volgende, door anderen, als door SHARP, *Method. of Constr. the natur. sines*, prop. 3. te vinden in de *Mathematical Tables* van SHERWIN; door B. MARTIN, *Trigonometrie's Guide*, Theorem. XXVI, XXVII. ROBERTSON, *Elem. of Navig.*, Boek III. prop. 4.

II. AANMERKING. Het bewijs van dit Voorstel, te weten  $AD:AE = AE:AF + AD$  geeft deze belangrijke eigenschap des cirkels. „Indien een hoek DAF in den omtrek, door „eene lijn AE in twee gelijke deelen gesneden wordt: is „die lijn middelevenredig tuschen het kleinste been en „de som der twee beenen.

GEVOLG.

In het algemeen

$$\sin. n B = 2 \cos. B \sin. (n-1) B - \sin. (n-2) B$$

stellende den *radius*  $r = 1$ :

en in het bijzonder

$$\sin. 2 B = 2 \sin. B \cos. B.$$

III. AANMERKING. Men ziet hieruit hoe gemakkelijk het valt om,  $\sin. B$  en  $\cos. B$  bekend zijnde, achterevolgens de *sinussen* van  $2 B$ ,  $3 B$ ,  $4 B$ , enz. te berekenen, zonder de *cosinussen* van die zelfde bogen te kennen.

XX. VOORSTEL. Fig. 174.

In de zelfde onderstellingen als bij het voorgaande Voorstel:

Stel: staat de *radius* tot den dubbelden *cosinus* van den gegeven boog, als twee malen de *cosinus* tot de som van den *radius* en van den *cosinus* des dubbelden boogs; als de *cosinus* van den dubbelden boog tot de som van den *radius* en den *cosinus* van den drievoudigen boog: als de *cosinus* van den drievoudigen boog tot de som van den *radius* en van den *cosinus* van den viervoudigen boog: enz. in één woord, de *radius* staat tot den dubbelden *cosinus* eens boogs, als de *cosinus* van  $(n - 1)$  maal den boog  $n$ , tot de som van den *radius* en van den *cosinus* van  $n$  maal den boog.

BEREIDING. Men verlange de middellijn  $ZA$  en de choorden  $ZD$ ,  $ZE$ ,  $ZF$  enz.: men trekke op die verlengingen  $DM = DZ$ ;  $EN = EZ$ ;  $FO = FZ$ ;  $GP = GZ$  enz.: dan zijn alle de driehoeken  $ZDM$ ,  $ZEN$ ,  $ZFO$ ,  $ZGP$ , gelijkbenig, onderling gelijkhoekig, en derhalve gelijkvormig, en ook gelijkvormig met driehoek  $DCZ$ .

Verder blijkt het dat  $\triangle DAM = \triangle EZD$ ;  $\triangle END = \triangle EFZ$ ;  $\triangle FOE = \triangle FGZ$ : waaruit volgt

$AM = EZ$ ;  $DN = FZ$ ;  $EO = GZ$  enz.

en uit de gemelde gelijkvormigheid is

$$\begin{aligned} DC: DZ &= DZ: ZM = ZA + AM = ZA + ZE \\ &= EZ: ZN = ZD + DN = DZ + ZF \\ &= FZ: ZO = ZE + EO = ZE + GZ \\ &\text{enz.} \end{aligned}$$

$$\text{maar } ZD = 2 \cos. \left( \frac{\text{supp. boog } DZ}{2} \right) \text{ Voorst. XV.} =$$

$$2 \cos. \frac{1}{2} \sphericalangle AD = 2 \cos. \sphericalangle AY:$$

$$ZE = 2 \cos. \frac{1}{2} \sphericalangle EDA = 2 \cos. \sphericalangle AY$$

$$ZF = 2 \cos. \frac{1}{2} \sphericalangle FEDA = 2 \cos. \frac{6}{2} \sphericalangle AY = 2 \cos. \sphericalangle 3 AY$$

$$ZG = 2 \cos. \frac{1}{2} \sphericalangle GFEDYA = 2 \cos. \frac{8}{2} \sphericalangle AY = 2 \cos. \sphericalangle 4 AY$$

en dus stellende  $B$  voor  $\sphericalangle AY$ .

$$\begin{aligned} r: 2 \cos. B &= \cos. B: r + \cos. 2 B \\ &= \cos. 2 B: r + \cos. 3 B \\ &= \cos. 3 B: r + \cos. 4 B \\ &\text{enz.} \end{aligned}$$

en in het algemeen

$$r: 2 \cos. B = \cos. n - 1. B: r + \cos. n B,$$

I. AANMERKING. Uit het bewijs blijkt dat

$$DC: DZ = DZ: ZA + ZE: \text{ of}$$

$$AZ: DZ = DZ: \frac{ZA + ZE}{2}: \text{ d. i.}$$

„ Indien een hoek  $AZE$ , in den omtrek door de middellijn  
 „  $ZA$  en eene choorde  $ZE$  gevormd, door eene lijn  $ZD$   
 „ in twee gelijke deelen gedeeld wordt: staat de snijden-  
 „ de lijn middelevenredig tusfchen de middellijn, en de  
 „ halve som van de middellijn en het ander been des ge-  
 „ geven hoeks.”



## GEVOLG.

$\text{Cos. } n B = (2 \text{ cos. } B \text{ cos. } (n - 1) B - r^2) : r$  en in het bijzonder  $\text{cos. } 2 B = (2 \text{ cos. } B - r^2) : r = \text{cos.}^2 B - (r^2 - \text{cos.}^2 B) = \text{cos.}^2 B - \text{sin.}^2 B$  indien  $r = 1$ .

II. AANMERKING. Het blijkt dan hoe gemakkelijk men,  $\text{cos. } B$  gegeven zijnde, de *cosinus*sen van  $2 B$ ,  $3 B$ ,  $4 B$  enz. vinden kan, zonder de *sinus*sen van  $B$ ,  $2 B$ ,  $3 B$  enz. te kennen.

## XXI. VOORSTEL. Fig. 175.

De *sinus* [LN] van de som van twee hoeken of bogen [DL en DB], is gelijk aan de som der producten van den *sinus* van ieder' boog gemultipliseerd met den *cosinus* van den anderen, en gedevideerd door den *radius*: en de *sinus* [TS] van het verschil van twee bogen is gelijk aan het verschil dier zelfde producten: d. i.

$$\text{sin. } [B + C] = [\text{sin. } B \cdot \text{cos. } C + \text{sin. } C \cdot \text{cos. } B] : r$$

$$\text{sin. } [B - C] = [\text{sin. } B \cdot \text{cos. } C - \text{sin. } C \cdot \text{cos. } B] : r.$$

St. VII. 5. — L. G. Tr. §. 19.

BEREIDING. Zij LM loodregt op CD: dan is LM de *sinus*, CM de *cosinus* van boog LD, of  $\angle LCD$ : zij insgelijks DI  $\perp$  CB, dan is DI *sinus* en CI *cosinus* van boog DB of  $\angle DCB$ : zij LN  $\perp$  CB, dan is LN = *sinus* LB =  $\text{sin } [LD + DB]$  en CN is =  $\text{cos. } [LD + DB]$ : voorts LM verlengende tot de ontmoeting des cirkels, is MT = LM, en boog DT = boog LD, en dus is TB = boog [DB - LD]. Stellende TU en PM loodregt op LN, en MO op CB; is TS =  $\text{sin. } TB$  = UN = PN - PU = PN - PL; om dat PL = PU, want LP: PU = LM: MT: en LM = MT.

BEWIJS. VOOR HET EERSTE. LN = PN + PL: men zoekt eerst de waarde van PL uit de gelijkvormige driehoeken PML en CDI: dan die van PN uit de gelijkvormige driehoeken MCO en

CDI. En men verkrijgt LN =  $\frac{LM \times CI + DI \times CM}{CD}$  waaruit het Voorstel volgt.

VOOR HET TWEEDE. TS = UN = PN - PL: waaruit het Voorstel volgt.

## I. GEVOLG.

De *sinus* van een' dubbelden hoek is gelijk aan het dubbeld product van den *sinus* door den *cosinus*, gedevideerd door den *radius*: dat is

$$\text{sin. } 2 B = \frac{2 \text{ sin. } B \times \text{cos. } B}{r}$$

of, zoo  $r = 1$ ,  $\text{sin. } 2 B = 2 \text{ sin. } B \times \text{cos. } B$ .

AAN-

## II. Afd.: Over de Sinusfen, Tangenten en Secanten. 347

I. AANMERKING, Dit komt overeen met Voorstel XIX. Gevolg.

### II. GEVOLG.

$$\text{Sin. } B = 2 \text{ sin. } \frac{1}{2} B \cdot \text{cos. } \frac{1}{2} B.$$

CAGNOLI. §. 63.

### III. GEVOLG.

$$\begin{aligned} \text{Sin. } (30 + a) &= \frac{1}{2} \text{cos. } a + \frac{1}{2} \sqrt{3} \times \text{sin. } a. \\ \text{Sin. } (30 - a) &= \frac{1}{2} \text{cos. } a - \frac{1}{2} \sqrt{3} \times \text{sin. } a. \end{aligned}$$

Indien  $r = 1$

en dus

$$\text{sin. } (30 + a) = \text{sin. } (30 - a) + \sqrt{3} \times \text{sin. } a.$$

BEWIJS. Uit Voorst. XVII. Gev. 2.

II. AANMERKING. Derhalve is de som van sin.  $a$  gemultiplieerd door  $\sqrt{3}$  en van een' boog die  $a$  kleiner is dan  $30^\circ$ . gelijk aan den *sinus* eens boogs die  $a$  grooter is dan  $30^\circ$ .

### IV. GEVOLG.

$$\begin{aligned} \text{Sin. } (60 + a) &= \frac{1}{2} \sqrt{3} \text{cos. } a + \frac{1}{2} \text{sin. } a \\ \text{Sin. } (60 - a) &= \frac{1}{2} \sqrt{3} \text{cos. } a - \frac{1}{2} \text{sin. } a \\ \text{Sin. } (60 + a) &= \text{sin. } (60 - a) + \text{sin. } a \\ \text{Sin. } (60 - a) &= \text{sin. } (60 + a) - \text{sin. } a. \end{aligned}$$

III. AANMERKING. Men kan derhalven uit den *sinus* eens boogs die  $a$  grooter of kleiner is dan  $60^\circ$ , door additie den *sinus* opmaken van een' boog die  $a$  kleiner of grooter is.

### V. GEVOLG.

$$\begin{aligned} \text{Sin. } (60^\circ + a) \sqrt{3} - \text{sin. } (90^\circ - a) &= \text{sin. } \\ (30^\circ + a) &= \text{sin. } (60 + a) \sqrt{3} - \text{cos. } a. \end{aligned}$$

IV. AANMERKING. Men kan dan uit den *sinus* eens boogs die  $a$  grooter is dan  $30^\circ$  den *sinus* vinden des boogs die  $a$  grooter is dan  $60^\circ$  en omgekeerd.

### VI. GEVOLG.

Indien boog  $C$  zeer klein is, is

$$\text{sin. } [B \pm C] = \text{sin. } B \pm C \text{cos. } B:$$

dat is: indien men twee bogen heeft die weinig van elkander verschillen, is de aanwas of de afneming van de *sinusfen* ten naasten bij in de zelfde rede als de aanwas of de afneming der bogen.

## XXII. VOORSTEL. Fig. 173.

De *cosinus* [CN] van de som [LB] van twee hoeken, of bogen [LD, DB] is gelijk aan het verschil van de producten der *cosinus* van beide de hoeken of bogen, en der *sinussen* van dezelve, gedevideerd door den *radius*: en de *cosinus* [CI] van het verschil van twee hoeken of bogen is gelijk aan de som van die zelfde producten; dat is

$$\text{cos. } (B + C) = (\text{cos. } B \cdot \text{cos. } C - \text{sin. } B \cdot \text{sin. } C) : r$$

$$\text{en cos. } (B - C) = (\text{cos. } B \cdot \text{cos. } C + \text{sin. } B \cdot \text{sin. } C) : r$$

St. VII. 5. Gev. 2. — L. G. Tr. §. 19.

BEREIDING. Zij is de zelfde als voor het voorgaande Voorstel en daaruit volgt

$$\begin{aligned} \text{CN} &= \text{CO} - \text{NO} = \text{CO} - \text{PM} \\ \text{en CS} &= \text{CO} + \text{OS} = \text{CO} + \text{XT} = \text{CO} + \text{UX} = \text{CO} + \text{PM} \end{aligned}$$

BEWIJS. Men zoekt eerst de waarde van CO door de gelijkvormige driehoeken CMO en CDI: en dan die van PM door de gelijkvormige driehoeken PLM en CDI: waaruit volgt

$$\begin{aligned} \text{CN} &= \frac{\text{CM} \times \text{CI} - \text{LM} \times \text{DI}}{\text{CD}} \\ \text{CS} &= \frac{\text{CN} \times \text{CI} + \text{LM} \times \text{DI}}{\text{CD}}: \text{ dat het Voorstel is.} \end{aligned}$$

I. AANMERKING. Het blijkt uit het I. Gevolg der 4. Bepaling, waarom de *cosinus* van de som van twee bogen kleiner is dan de *cosinus* van hun verschil.

## I. GEVOLG.

De *cosinus* van eenen dubbelden hoek is gelijk aan het verschil der vierkanten van den *sinus* en van den *cosinus*, gedevideerd door den *radius*: dat is

$$\text{cos. } 2 B = \frac{\text{cos. } B^2 - \text{sin. } B^2}{r}$$

L. G. Tr. §. 13.

II. AANMERKING. Dit komt overeen met Voorst. XX. Gevolg,

## II. GEVOLG.

Indien C zeer klein is: is  $\text{cos. } (B \pm C) = \text{cos. } B \mp C + \text{sin. } B$ : dat is wanneer twee bogen weinig van elkander verschillen, volgt de aanwas of vermindering der *cosinus* om trent de zelfde rede als de aanwas of de vermindering der bogen zelven.

III. AANMERKING. Indien men in de formules van dit en van het voorgaande Voorstel stelt  $C = a B$ : dan is

sin.

## II. Afd.: Over de Sinussen, Tangenten en Secanten. 249

$$\begin{aligned} \sin. [B + 2B] &= \sin. 3B = \frac{\sin. B \cos. 2B + \sin. 2B \cos. B}{r} = \\ &= \frac{\sin. B [\cos. 2B - \sin. 2B] + 2 \sin. B \cos. 2B}{r^2} = \\ &= \frac{\sin. B \cos. 2B - \sin. 2B + 2 \sin. B \cos. 2B}{r^2} = \\ &= \frac{3 \sin. B \cos. 2B - \sin. 2B}{r^2} = \sin. 3B. \end{aligned}$$

en men vindt insgelijks

$$\cos. 3B = \frac{\cos. 2B - 3 \sin. 2B \cos. B}{r^2}$$

Indien men in deze formule voor  $\sin. 2B$ ,  $r^2 - \sin. 2B$  stelt voor  $\cos. 2B$ : verkrijgt men

$$\sin. 3B = 3 \sin. B - \frac{4 \sin. 3B}{r^2};$$

en indien men stelt  $D = 3B$  is

$$\sin. D = 3 \sin. [\frac{1}{3} D] - \frac{4 \sin. 3 [\frac{1}{3} D]}{r^2}.$$

IV. AANMERKING. Men kan op die zelfde wijze formules opmaken voor  $\sin. 4B$ ,  $\sin. 5B$ , enz. (Zie L. G. Tr §. 34) te weten

$$\sin. 4B = \frac{4 \sin. B \cos. 3B - 4 \sin. 3B \cos. B}{r^2},$$

$$\cos. 4B = \frac{\cos. 4B - 6 \cos. 2B + \sin. 4B}{r^2}.$$

En hieruit zoude men, zoo voortgaande, ras uit de wet, welke de leden dezer uitdrukking volgen, kunnen bemerken dat voor  $\sin. nB$  en  $\cos. nB$  deze algemeene formules plaats hebben.

$$\sin. nB = n \cos. \frac{n-1}{2} B \sin. B - \frac{n \cdot n-1 \cdot n-2}{1 \cdot 2 \cdot 3} \times$$

$$\cos. \frac{n-3}{2} B \sin. 3B + \frac{n \cdot n-1 \cdot n-2 \cdot n-3 \cdot n-4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \cos. \frac{n-5}{2} B \sin. 5B$$

— enz.

$$\cos. nB = \cos. \frac{n}{2} B - \frac{n \cdot n-1}{2} \cos. \frac{n-2}{2} B \sin. 2B +$$

$$\frac{n \cdot n-1 \cdot n-2 \cdot n-3}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cos. \frac{n-4}{2} B \sin. 4B - \text{enz. welke formules}$$

ook uit andere gronden kunnen bewezen worden: zij zijn bij zeer vele Schrijvers te vinden: onder andere bij EULER *Introd. in Anal. Infinitor.* I. §. 133: CAGNOLI §. 117. — §. 124. DE GELDER, *Handleiding* §. 1057 en §. 1059.

V. AANMERKING. Indien men deze formule van  $\sin. 3B$ ,  $\cos. 3B$ , of  $\sin. nB$ ,  $\cos. nB$ ; vergelijkt met die, welke in Voorstel XIX en XX. zijn opgegeven, blijkt het hoe veel deze laatste, voor het berekenen der *sinussen*, of *cosinussen*, van  $2B$ ,  $3B$ ,  $4B$ , enz. van

## 350 VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.

door den gegeven *sinus* B, *cosinus* B, gemakkelijker vallen: en hoe zij, uit geometrische bewijzen ontleend, in de daad meerder en onmiddellijker tot de Meetkunde behooren, dan de andere, die meer in algebraïsche veranderingen van eenmaal-gegeven *formules* bestaan: doch het blijkt tevens hoe nuttig het is deze verschillende handelwijzen met elkander te vergelijken.

**VI. EN ALGEMEENE AAMMERKING OVER HET BEREKENEN DER SINUSTAFELS.** Het is door de voorgaande eigenschappen der *sinusfen* dat men de tafels van *sinusfen* en *cosinusfen* voor alle bogen heeft kunnen berekenen. Men kan bijv., met den *sinus* van 30 gr., die de halve *radius* is, beginnende, daaruit door Voorst. XVII. Gev. 1. den *cosinus* van 30° afleidt: en vervolgens door Voorstel XVIII der *sinusfen* en *cosinusfen* van 15°: 7°. 30'; 3°. 45': 1°. 52'. 30": 56', 15"; 28°. 7½": 14'. 3½": 7'. 1½": 3'. 30½": 1'. 45½": 0'. 52½": welke boog klein genoeg is om daaruit door Voorst. XXII. Gev. den *sinus* en *cosinus* van 1'. optemaken: vervolgens, (door Voorst. XIV. Gev.) van 2'. 4'. 8'. 16'. 32'. 64'. enz. (door Voorst. XXI.) van 3'. van 5'. van 7'. van 14'. enz.: van 16' + 14' of 30'. van 1°. en zoo voorts van graad tot graad tot 30°: waaruit men (door Voorst. XXI. Aanm. 2.) gemakkelijk de *sinusfen* van graden boven de 30°. vindt. Men kan over het berekenen van *Sinus Tafels* op die wijze nazi:n STEENSTRA VII. 5. TACQUET *Trigon.* prop. 1—5: et p. 346: en anderen.

In den beginne heeft men op die wijze het verbazend werk om *Sinus-Tafels*, te berekenen van minuut tot minuut, en zelfs van 10" tot 10", verrigt. Na de uitvinding der Logarithmen, heeft men er de Logarithmen der *sinusfen* bijgevoegd.

In latere tijden heeft men de *sinusfen* gemakkelijker, en ook van seconde tot seconde, berekend door middel van reeksen, wier leden de magten zijn des boogs (in deelen van den *radius* uitgedrukt), waarvan men den *sinus* zoekt: doch daar die reeksen niet geometrisch, maar geheel algebraïsch zijn, kunnen wij over dezelve hier niet handelen: wij zullen er eenige in het *Aanhangsel* opgeven.

### XXIII. VOORSTEL. Fig. 173.

De *Sinus versus* of *pijl* [NB] is gelijk aan het vierkant van de choorde [LB], gedevideerd door den dubbel-den *radius* [AB].

**Bewijs.** Uit de gelijkvormige driehoeken LNB en ALB.

#### GEVOLG.

De *sinus versus* is dus gemakkelijk uit de choorde te be-

berekenen : doch nog gemakkelijker uit den *cosinus*. (V. Bepaling).

I. AANMERKING. Zie hier voren Voorst. XVIII. Gev. nog eene andere uitdrukking van den *sinus versus*.

H. AANMERKING. Men vindt Tafels van *sinus versus* in de Engelsche Tafels van SNELWIN, en in de groote Nederduitsche van BOUWEN. Dezelve gaan slechts tot  $90^\circ$ ; en wij hebben te voren gezien, dat de *sinus versus* bestendig aangroeit tot  $180^\circ$  toe; men moet dus ook de overigen weten te vinden; dit nu geschiedt gemakkelijk, met bij den *radius* den *cosinus* van het getal graden die de gegeven hoek boven de  $90^\circ$  bevat, te voegen. Wil men verder den *Logarithmus* van die *sinus versus* hebben, behoeft men maar de *Logarithmen* der gevonden getallen  $(r + \text{cosinus})$  te nemen, maar dan moet er wel opgelet worden dat men het character met 3 moet vermeerderen, om dat de *Logarithmus* des *sinus versus* (het geen ook in den *Logarithmus* der *sinussen*, *tangenten*, *secanten* plaats heeft) voor een' *radius* van 10,000,000,000, doch de natuurlijke, of slechts *sinus versus*; *sinus*, of *tangent* alleen voor eenen *radius* van 10,000,000 berekend zijn.

XXIV. VOORSTEL. Fig. 172.

De laatste rede van den *sinus versus* [BI], en van dat gedeelte [DE] van den *secant* dat tusschen den omtrek en den *tangent* begrepen is, is de verdubbelde rede van den Boog BD.

NEWTON *Principia* I. Lem. II.

BEWIJS. I. Uit XXII. is

$$\text{sin. vers.} = BI = \frac{DB^2}{AB} : \text{maar boog DB is de limiet van de}$$

choorde DB: en dus is de limiet van *sinus versus* =  $\frac{\text{Boog}^2}{\text{Diam.}}$

II. Uit de driehoeken EDZ en CEB is (IV. 2).

DE : IB = CE : CB en dus

$$DE = \frac{IB \times CE}{CB} = \frac{DB^2 \times CE}{AB \times CB} : \text{maar boog DB is de limiet}$$

van de choorde DB, en CB is de limiet van CE,

en dus

$$\text{limiet van DE} = \frac{\text{Boog}^2}{\text{Diam.}}$$

I. GEVOLG.

De *sinus versus* van kleine bogen groeijen aan, of verminderen, in de verdubbelde rede hunner bogen.

II. GEVOLG.

Voor kleine bogen is het gedeelte van den *secant*, tusschen den omtrek en den *tangent* begrepen, gelijk aan den *sinus versus*, en het groeit aan als het vierkant van den boog.

AANMERKING. Beide deze gevolgen zijn van veel nut in de Natuur- en Sterrekunde.

IV. EIGENSCHAPPEN EN BEREKENING DER TANGENTEN.

XXIV. VOORSTEL. Fig. 172.

De Tangent of raaklijn [BE] van eenen boog [DB], of hoek [DCB], is gelijk aan den *radius* gemultipliceerd door den *sinus*, en gedevideerd door den *cosinus*: en de *cotangent* [GF] is gelijk aan den *radius* gemultipliceerd door den *cosinus*, en gedevideerd door den *sinus*; dat is,

$$\text{Tang.} = \frac{r \times \sin.}{\cos.}; \text{Cot.} = \frac{r \times \cos.}{\sin.}$$

St. VII. 8. — L. G. Tr. §. 17.

BEWIJS. Uit de gelijkvormige driehoeken CID en CBE voor het I: CDI en GFC voor het II.

CAGNOLI §. 56, 57, 102.

I. AANMERKING. Hiernit blijkt, 1°. dat, indien, of de *sinus* of de *cosinus* negatief is, de *tangent* het ook is, het geen overeenkomt met de Aanmerking op de 6. Bepaling: 2°. dat, indien, *sinus* en *cosinus* het beiden zijn, de *tangent* wederom *positief* wordt: het geen plaats heeft voor bogen tusschen 180 en 270 gr. en 3°. dat de *tangent* van 90° oneindig is. Want

$$\text{tang. } 0^\circ = \frac{\sin. 90^\circ}{\cos. 90^\circ} = \frac{r}{0} \text{ het geen eene oneindige grootheld aanduidt.}$$

I. GEVOLG.

De *Tangent* en *Cotangent* van eenen boog van 45°. zijn beiden gelijk aan den *radius*.

St. VII. 2.

II. AANMERKING. Hierop steunt de lijn geteekend *tangent*, zoo wel op den *proportionaal-pasfer* als op de pleinschalen. De afstand van het begin tot  $45^\circ$  is de *radius*: daar na worden de *tangenten* grooter dan de *radius*: doch julst daarom zijn er op den *proportionaal-pasfer* twee stellen lijnen van *tangenten*: het eene, op wiens lijnen, op ieder blad van den pasfer, aan het eind staat 45: en dit stel dient voor de hoeken die kleiner zijn dan  $45^\circ$ . Voor deze is de *radius* van den pasfer die geheele lijn van het middelpunt af tot  $45^\circ$ . Het ander stel, (dat doorgaans met eene kleine *t* gemerkt is) begint met  $45^\circ$  op eenigen afstand van het middelpunt, en gaat voort tot in de 70 graden. Dit stel dient voor de hoeken die grooter zijn dan  $45^\circ$ , en is dus op eene kleinere schaal vervaardigd dan het eerste stel: zijnde de *radius* die geringe afstand van het middelpunt tot  $45^\circ$ .

III. AANMERKING. Op vele pleinschalen staat de lijn der *tangenten* in verband met eene andere, gemerkt S. T. (*Semi-Tangent*), en doorgaans genoemd de lijn der *halve tangenten*, of beter, der *tangenten* van de halve bogen.

Zij Fig. 178. BG een boog waarvan BB de *tangent* is: men trekke uit het uiteinde H der middellijn BH de supplement-choorde HG, die den loodregten *radius* in D snijdt: dan is de lijn CD, het geen men op die schaal noemt halve *tangent*  $\cap$  BG, of eigenlijk *tangent* des halven boogs BG: immers  $\angle GHB = \frac{1}{2} \angle GCB = \frac{1}{2} \cap BG$ : en CA, *radius*, zoude zijn de halve *tangent*, of liever de *tangent* halven boog BA of  $90^\circ$ : d. i. *tangent*  $\angle AHC = 45^\circ$ . Die schaal is, onder anderen, bij het vervaardigen van figuren de *Stereographische projectie* betreffende, van veel nut.

## II. GEVOLG.

*Tangenten* en *Cotangenten* zijn gemakkelijk te berekenen, als men de *sinusfen* en *cosinusfen* eerst berekend heeft.

TACQUET Tr. prob. 6. p. 343.

## III. GEVOLG.

De *tangent* van een' boog is de helft der zijde van een' veelhoek om den cirkel beschreven, wiens middelpuntshoek het dubbeld van den gegeven hoek is: even als de *sinus* de helft is der zijde van een' dergelijken veelhoek in den cirkel beschreven, gelijk wij reeds te voren gezegd hebben: dus is bij voorbeeld de *tangent* eens boogs van  $1^\circ. 52'. 30''$  de helft der zijde van



van eenen veelhoek wiens middelpuntshoek  $3^\circ$  en  $45'$  bedraagt, dat is, van eenen 96-hoek: en de *sinus* van  $1^\circ 52' 30''$  is de halve zijde van den 96-hoek in den cirkel beschreven. Indien men dan dien *tangent* en dien *sinus* neemt, is de rede van den omtrek van den cirkel tot den *radius* kleiner dan 192 malen die *tangent*, en groter dan 192 malen die *sinus*; of tot de middellijn kleiner dan 96 malen die *tangent*, en groter dan 96 malen die *sinus*. En indien men den *sinus* en den *tangent* van eenen boog van  $1'$  nam, kwam het op het zelfde uit als of men een 10800 hoek gebruikte: dit gaat dus zeer gemakkelijk voort wanneer men eerst de *sinus* en *tangenten* tafel berekend heeft; doch men lette op het geen wij in het VII. Boek in de VIII. Aanmerking op het XIX. Voorstel gezegd hebben.

## IV. GEVOLG.

De *tangent* van eenen boog van  $60^\circ$  is het drievoud van den *tangent* des boogs van  $30^\circ$

$$\text{Bewijs. } \text{Tang. } 60^\circ = \frac{\sin. 60^\circ}{\cos. 60^\circ} = \frac{2 \sin. 30^\circ \cos. 30^\circ}{\sin. 30^\circ} =$$

$$2 \cos. 30^\circ = \sqrt{3} = \frac{3}{\sqrt{3}} \quad (\text{XV. Gev. 2. en Voorst. XVII. Gev. 3.}).$$

rad. = 1 gesteld.

$$\text{Maar } \text{tang. } 30^\circ = \frac{\sin. 30^\circ}{\cos. 30^\circ} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} \sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} : \text{derhalve } \text{tang.}$$

$$60^\circ = 3 \text{ tang. } 30^\circ.$$

Dit zal op eene andere en meer geometrische wijze bewezen worden in Voorst. XXXI. Gev. 5. Aanmerking 1.

## XXVI. VOORSTEL. Fig. 172.

De *tangent* eens boogs is gelijk aan het vierkant van den *radius* gedevideerd door den *cotangent*: en de *cotangent* is gelijk aan het vierkant van den *radius* gedevideerd door den *tangent*: dat is

$$\text{tang.} = \frac{r^2}{\text{cot.}} \quad \text{cot.} = \frac{r^2}{\text{tang.}}$$

Bewijs. Uit de gelijkvormige driehoeken C E B en C F G.

## I. GEVOLG.

De *tangenten* zijn in omgekeerde rede van de *cotangenten*,

ten, en de cotangenten in omgekeerde rede van de tangenten: dat is:

$$\text{Tang.} = \frac{1}{\text{cot.}}; \text{Cot.} = \frac{1}{\text{tang.}}$$

L. G. Trig. §. 18.

## II. GEVOLG.

Het komt gevolgelyk op het zelfde uit, of men door den *cotangent* divideert, of door den *tangent* multipliceert; en omgekeerd: of, wanneer men door Logarithmen werkt, men den *Logarithmus* van den *cotangent* afstrekt, of den *Logarithmus* van den *tangent* bijtelt; en omgekeerd. Daar nu de bijtelling gemakkelijker valt dan de afrekking, moet men altijd aan dezelve den voorrang geven.

### XXVII. VOORSTEL, Fig. 143.

Van twee ongelijke bogen heeft de *tangent* van den grootsten eene grooter rede tot dien van den kleinften, dan de grootste boog tot den kleinften.

BEREIDING. Zij IEL de grootste en IE de kleinste boog: IH is de *tangent* van  $\frown$  IEL: en IG van  $\frown$  IE. Trek de lijnen CG en CH: en beschrijf uit C met den *radius* CG den boog VGU, die CI, verlengd, in V, en CH in U snijdt.

BZWIJS. Sector CGU: sector VCG  $\equiv$   $\frown$  GU:  $\frown$  VG  $\equiv$   $\frown$  EL:  $\frown$  IE (VII. 15. Aanm. 1).

$\Delta$  GCH:  $\Delta$  ICG  $\equiv$  GH: IG: maar  $\Delta$  GCH  $>$  sector GCU en  $\Delta$  ICG  $<$  sector VCG; derhalve  $\Delta$  GCH:  $\Delta$  ICG  $>$  sector GCU: sector VCG; d. i. GH: IG  $>$   $\frown$  EL:  $\frown$  IE: en componendo GH + IG: IG  $>$   $\frown$  EL +  $\frown$  IE:  $\frown$  IE: of IH: IG  $>$   $\frown$  IEL:  $\frown$  IE.

I. AANMERKING. Dit Voorstel is het zelfde als IV. 12. Gev. 2: en wordt op deze wijze door COMMANDINUS in de aldaar aangehaalde plaats van PAPPUS bewezen.

II. AANMERKING. De beroemde Nederlandsche Wiskundige ALBERT GR. KARD heeft dit Voorstel in zijn voortreffelyk werkje *Inventiones novae in Algebra* uit PAPPUS overgenomen, en eenvoudiger aldus bewezen. Fig. 176. Zij BFK eene snijlijn en FP eene raaklijn in F: MK // BH: dan is MK: BG:  $<$  GH: BG: maar MK: BG  $\equiv$  FK: BF. Derhalve FK: BF  $<$  GH: BG; en dus FP: BF  $<$  GH: BG: gevolgelyk  $\frown$  FD:  $\frown$  BF  $<$  GH: BG: en componendo  $\frown$  FD +  $\frown$  BF: dat is  $\frown$  BFD:  $\frown$  BF  $<$  BH: BG: of BH: BG  $>$   $\frown$  BFD:  $\frown$  BF.

GEVOLG.

De *tangenten* groeijen in grooter rede aan dan de bogen, en des te grooter dat de bogen grooter worden.

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 177.

Het verschil der vierkanten van den *radius*, en van den *tangent* eens boogs staat tot het dubbelde vierkant van den *radius*, als de *tangent* des boogs tot den *tangent* des dubbelde boogs.

BEREIDING. BH de boog: BHD de dubbelde boog. Trek BF  $\perp$  op AB: AC, ADF, DB, en uit C, CI  $\perp$  op AC en dus  $\parallel$  ED. Dan is DE = EB; of DB = 2 DE.

BEWIJS. Om dat  $\triangle ABC \sim \triangle ABE$  is  $\overline{AB}^2 = AC \times AE$  en  $\overline{AB}^2 : \overline{AC}^2 = AC : AE : \overline{AC}^2 = AE : AC = ED : CI$ . Maar  $2 \overline{AB}^2 : \overline{AB}^2 = BD : DE$ : dus *ex aequo*.  
 $2 \overline{AB}^2 : \overline{AC}^2 = BD : CI = BF : FC$  of  
 $2 \overline{AB}^2 : \overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 = BF : FC$ : *dividendo*.  
 $\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2 : 2 \overline{AB}^2 = BF - FC : BF$   
 d. i.  $\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2 : 2 \overline{AB}^2 = BC : BF$ .

GEVOLG.

$$BF = \frac{2 \overline{AB}^2 \cdot BC}{\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2} : \text{d. i.}$$

$$\text{tang. } 2 B = \frac{2 r^2 \text{ tang. } B}{r^2 - (\text{tang. } B)^2}$$

I. AANMERKING. Dit Voorstel is het beroemd Voorstel van JOHN PELL; en het Bewijs is dat, het welk CAVALLIERI daarvan gegeven heeft. Zie *Controversia de Circuli Mensura*, p. 13. en 60.

II. AANMERKING. Men kan dit Voorstel ook zonder de leer der gelijkvormige driehoeken bewijzen:

AF: AB = CF: BC: en  $\overline{AF}^2 : \overline{AB}^2 = \overline{CF}^2 : \overline{BC}^2$  of (II 16.)  
 $\overline{AB}^2 + \overline{BF}^2 : \overline{AB}^2 = \overline{CF}^2 : \overline{BC}^2 = (BF - BC)^2 : \overline{BC}^2 =$   
 $\overline{BF}^2 + \overline{BC}^2 - 2 BC \cdot BF : \overline{BC}^2$ : *dividendo en alternando*.  
 $2 BC \cdot BF : \overline{BF}^2 = \overline{AB}^2 - \overline{BC}^2 : \overline{AB}^2$ : derhalve  
 $2 BC : BF = \overline{AB}^2 - \overline{BC}^2 : \overline{AB}^2$ : en.

$$BF = \frac{2 \overline{AB}^2 \cdot BC}{\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2} : \text{of tang. } 2 B = \frac{2 r^2 \text{ tang. } B}{r^2 - (\text{tang. } B)^2}.$$

Dit Bewijs is van LAGNY in zijne schoone Verhandeling over de *tangenten* der veelvouden van hoeken: *Mem. de l'Acad.* 1705. p. 254.

## II. Afd.: Over de Sinusfen, Tangenten en Secanten. 357

III. AANMERKING. Men kan ook uit de Voorstellen XXI en XXII, het

$$\text{zelfde opmaken: want } \text{tang. } 2B = \frac{\text{fn. } 2B}{\text{cof. } 2B} = \frac{2 \text{ fn. } B \cdot \text{cof. } B}{\text{cof.}^2 B - \text{fn.}^2 B} =$$

$$\frac{\frac{2}{\text{cof. } B} = \frac{\text{fn. } B}{\text{cof. } B} = \frac{2r^2}{\text{cot. } B = \text{tang. } B} = \frac{2r^2}{\text{tang. } B} = \frac{2r^2 \text{ tang. } B}{r^2 - \text{tang.}^2 B}$$

IV. AANMERKING. Indien men zelfs de *formules* voor *fn. 3 B*, *fn. 4 B*, *fn. 5 B* . . . . . *fn. n B*, en voor *cof. 3 B*, *cof. 4 B*, *cof. 5 B* . . . . . *cof. n B* aldaar opgegeven, door elkander divideert: zoude men *formules* voor *tang. 3 B*, *tang. 4 B*, *tang. 5 B* . . . . . *tang. n B* kunnen opmaken: doch wij oordeelen het onnoodig dezelve hier intelasschen: om dat ze tot het berekenen der *Tafels van tangenten* niet gebruikt worden: en eigenlijk meer tot de *Stelkunde* dan tot de *Meetkunde* behooren.

### XXIX. VOORSTEL. Fig. 144.

De som der *Sinusfen* van alle de bogen in den halven cirkel, te beginnen van een' bepaalden boog af, en altijd met den zelfden opklimmende, is gelijk aan den *cotangens* van de helft diens boogs, gemultipliceerd door den *radius*.

BEWIJS. Zij AB die boog; men noeme den zelven B.

Dan is AB : BE = AE : 2 (BK + CM + DO) (VI. 15.).

Maar 2 (BK + CM + DO) is de som van alle de *sinusfen* BK, KH, CM, MG, DO, OF in den geheelen cirkel: dus *choorde B*; *choorde sup. B* = r: som van alle de *sinus'en*, tot 180°. (VI. 16. Gevolg)

$$\begin{aligned} & \text{derhalve} \\ \text{som van de } \text{sinusfen tot } 180^\circ &= \frac{r \times \text{choorde sup. } B}{\text{choorde } B} \\ &= \frac{r \times \frac{1}{2} \text{choorde sup. } B}{\frac{1}{2} \text{choorde } B} = \\ &= \frac{r \times \text{fn. } \frac{1}{2} \text{ sup. } B}{\text{fn. } \frac{1}{2} B} = \\ &= \frac{r \times \text{cof. } \frac{1}{2} B}{\text{fn. } \frac{1}{2} B} = r \times \text{cot. } \frac{1}{2} B = \\ &= r \times \text{tang. comp. } \frac{1}{2} B. \end{aligned}$$

Indien dus B = 1°; zijn alle de *sinus'en*, van graad tot graad genomen, te samen = r × tang. 89½°. = 114,5886, indien de *radius* 1. gesteld wordt.

Zie VIETA, *Opera* p. 375. en KRAFFT, *Geometria sublimior.* §. 100.

## V. EIGENSCHAPPEN EN BEREKENING DER SECANTEN.

## XXX. VOORSTEL. Fig. 178.

De *secant* eens boogs is de som van den *tangent* des boogs en van den *tangent* van deszelfs halve *complement*.

BEWIJS.  $\angle E = 90^\circ - \angle ECB$ . Zij  $\angle BCF = \frac{1}{2} \angle E = \frac{1}{2} [90^\circ - \angle ECB]$ ; dan is  $\angle ECF = \angle ECB + \angle BCF = \angle ECB + \frac{90^\circ}{2} - \frac{1}{2} \angle ECB = \frac{90^\circ - \angle ECB}{2}$ .

Maar  $\angle CFB = 90^\circ - \angle BCF = 90^\circ - \frac{1}{2} (90^\circ - \angle ECB) = \frac{90^\circ + \angle ECB}{2} = \angle ECF$ : derhalve  $EC =$

$EF = EB + BF = \text{tang. } \angle ECB + \text{tang. } \angle BCF = \text{tang. } \angle ECB + \text{tang. } \frac{1}{2} \text{ comp. } \angle ECB$ .

GELLIBRAND *Trigon. Britan.* Cap. XVII, pr. 6.

## GEVOLG.

De *secanten* kunnen derhalve opgemaakt worden uit eene enkele optelling van *tangenten*.

## XXXI. VOORSTEL. Fig. 172.

De *secant* CE is gelijk aan den wortel uit de som der vierkanten van den *tangent* en van den *radius*: ook gelijk aan het vierkant van den *radius* gedevideerd door den *cosinus*: ook gelijk aan het product van den *tangent* gemultipliceerd door den *radius*, en gedevideerd door den *sinus*: en de *cosecant* is gelijk aan den wortel uit de som der vierkanten van den *radius* en den *cotangent*: ook gelijk aan het vierkant van den *radius* gedevideerd door den *sinus*: ook gelijk aan het product van *cotangent*, gemultipliceerd door den *radius*, en gedevideerd door den *cosinus*: dat is

$$\text{sec.} = \sqrt{R^2 + \text{tang.}^2} = \frac{r^2}{\text{cosin.}} = \frac{r \times \text{tang.}}{\text{sin.}}$$

$$\text{cosec.} = \sqrt{R^2 + \text{cot.}^2} = \frac{r^2}{\text{sin.}} = \frac{r \times \text{cot.}}{\text{cosin.}}$$

§. VII. 2. — L. G. *Trig.* §. 17, 18.

BEWIJS. VOOR HET I. N°. 1. uit II. 16. toegepast op  $\Delta$  CEB: voor N°. 2. en N°. 3. uit de gelijkvormige driehoeken CDI en CEB.

VOOR HET II. N°. 1., uit II. 16. toegepast op  $\Delta$  GCF: voor N°. 2. en N°. 3. uit de gelijkvormige driehoeken CGF en CHD.

### I. GEVOLG.

De *secanten* zijn in omgekeerde rede van de *cofinusfen*: de *cofecanten* in die van de *sinusfen*: en omgekeerd; dat is

$$\sec. = \frac{1}{\cos.}; \text{cofec.} = \frac{1}{\sin.}; \cos. = \frac{1}{\sec.}; \sin. = \frac{1}{\text{cofec.}}$$

L. G. Tr. § 17.

### II. GEVOLG.

Het komt dus op het zelfde uit, door den *secant* te multipliceren of door den *cofinus* te divideren, en door den *secant* te divideren of door den *cofinus* te multipliceren: of, wanneer men door de Logarithmen werkt, den *Logarithmus-secant* aftrekken, of den *Logarithmus-cofinus* bijtellen; en den *Logarithmus-secant* bijtellen of den *Logarithmus-cofinus* aftrekken.

### III. GEVOLG.

De *Logarithmus-secant* is het arithmetisch complement van den *Logarithmus-cofinus*; en de *Logarithmus-cofecant* is het arithmetisch complement van den *Logarithmus-sinus* (III. 36. Gev. 3.).

### IV. GEVOLG.

Hieruit volgt, dat de Tafels van *Logarithmus-secanten* en *cofecanten* gemakkelijk te berekenen zijn als men die van *Logarithmus-sinusfen* en *cofinusfen* berekend heeft: doch het blijkt tevens, dat zij onnuttig zijn: om dat men in derzelver plaats de *Logarithmus-sinusfen* en *cofinusfen* gebruiken kan; waarom zij ook in de beste Tafels van GARDINER en CALLET weggelaten zijn.

### V. GEVOLG.

$$\sec. 60^\circ = 2 r.$$

$$\text{BEWIJS. } \sec. 60^\circ = \frac{r^2}{\cos. 60^\circ} = \frac{r^2}{\sin. 30^\circ} = \frac{r^2}{\frac{1}{2} r} = 2 r.$$

I. AANMERKING. Hieruit valt het IV. Gevolg, van het XXV. Voorstel gemakkelijk te bewijzen: want indien Fig. 177.  $\angle DAB = 60^\circ$  en  $\angle CAB = 30^\circ$ : is  $\angle FAC = \angle CAB$ : en derhalve  $FC : CB = AF : AB = 2 : 1$ . (IV, 12.) derhalve  $FC = 2 CB$ : en  $FB = 3 CB$ .

II. AANMERKING. Er is op sommige *pleinschalen*, en op alle de *proportionaal-pasfers* eene lijn van *secanten*, welke op deze met eene kleine *s* bestempeld is. Daar alle de *secanten* grooter zijn dan de *radius*, en het op den *proportionaal-pasfer* noodzakelijk is den *radius* te kennen; begint aldaar de lijn der *secanten* niet in het *middelpunt* des pasfers, maar op eenigen afstand daar van: zoo dat de afstand die er is op de lijn der *secanten* tusſchen het middelpunt en de *o*, de *radius* is des cirkels tot welken de lijn der *secanten* op den *proportionaal-pasfer*, behoort: en men, den pasfer geopend hebbende, den *radius* des cirkels, welken men bedoelt, moet nemen op de beide bladen van *o* tot *o* in de lijnen der *secanten*.

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DE SINUS-TAFELS EN DE GONIOMETRISCHE SCHALEN.

##### I. OVER SINUS-TAFELS.

Ik ben in mijne lessen gewoon, alhier, de samenstelling en het gebruik der *Sinus-Tafels* uitleggen: en in die uitlegging te letten op de volgende stukken.

1°. Op die Tafels zelve, waarin, vóór de ontdekking der *Logarithmen*, alléén de *natuurlijke*, of gelijk onze zeelieden gewoon zijn zich uitdrukken, de *ſlecht-sinusſen*, *tangenten* en *ſecanten* te vinden waren: terwijl, zederd die gewigtige ontdekking, er Tafels zijn, enkel van *natuurlijke sinusſen*, *tangenten* en *ſecanten*: andere waarin de *natuurlijke*, en naast dezelve de *Logarithmus-sinusſen*, *tangenten* en *ſecanten* staan: andere eindelijk die alleen de *Logarithmen* van die *Goniometrische* getallen bevatten.

2°. Op de ſchikking zelve der getallen in die Tafels: waarin, boven aan de bladzijde de graad staat, en in de eerste kolom de minuten, gaande van boven tot beneden, van 0 tot 60, of tot 30, naar mate er tot éénen graad, maar eene bladzijde, of wel twee bladzijden gebruikt worden: terwijl die

die graden niet hooger loopen dan tot 45. Onder aan de bladzijde, staan de graden, welke het *complement* van de getallen die boven aan zijn, uitmaken, en in de laatste kolom, aan de rechterhand de minuten, opklimmende van beneden naar boven: waardoor de getallen welke *sinusfen*, *tangenten*, of *secanten* zijn voor de eerste 45 gr. voor de overige worden *cosinusfen*, *cotangenten*, of *coscanten*: en die welke voor deze *sinusfen*, *tangenten* of *secanten* zijn, voor de eerste *cosinusfen*, *cotangenten* of *coscanten* worden: en aldus *sinus* blijv. en *cosinus* van eenigen graad en minuut op de zelfde horizontale lijn staan, als de *cosinus* en *sinus* voor den graad en de minuut die het *complement* uitmaken van den gegeven, en dus van beneden naar boven gezocht worden.

3°. Dat de *Logarithmus-Sinus*, *tangent* of *secant* niets anders is dan de gewone *Logarithmus* van het getal dat den natuurlijken *sinus*, *tangent* of *secant* uitdrukt: welverstaande echter, dat zoo het *character* van den *Logarithmus-Sinus* van 90 gr., of van den *radius*, 10 is, dit onderstelt dat de *radius* zelve uit 11 cijfferletters zoude bestaan: daar, voor de natuurlijke *sinusfen*, enz. de *radius* maar op 10,000,000 gesteld is, en derhalve slechts uit 8 letters bestaat. Beter ware het dat, gelijk in de Tafels van CALLET, het *character* van den *Logarithmus-radius* 0 ware in plaats van 10; en dus dat alle de *Logarithmen* der *sinusfen*, gelijk mede die der *tangenten* beneden 45°, voor decimale breuken moesten gehouden worden, met het behoorlijk *character*, 9, 8, 7 enz. voorzien (zie bl. 153, N°. II. van het Berigt): het geen het best met den waren aard der *sinusfen*, enz. overeenkomt.

4°. Dat er een middel is om, met genoegsame nauwkeurigheid, den *sinus*, *tangent* of *secant* te vinden van eenigen boog, die niet in de Tafel staat; en omgekeerd: dat is van bogen met *seconden* uitgedrukt, al gaan de Tafels maar van *minuut* tot *minuut*. Dat middel bestaat in eenen eenvoudigen regel van drieën, gevestigd op het 6. Gevolg van ons XXI. Voorstel, zeggende, indien men bij voorbeeld den *sinus* van 54°. 12' 8" zoekt; 1' of 60", verschil tusfchen 54°. 12' en 54°. 13', staat tot het verschil der *sinusfen* van 54°. 12' en 54°. 13', als het getal *seconden* boven de 54°. 12', (dat is 8") tot eene vierde evenredige; die, gevoegd bij den *sinus* van 54°. 12', den *sinus* geeft van 54°. 12' 8". De zelfde regel dient voor *tangenten* en *secanten*, en voor de *Logarithmen* van alle die lijnen: alleen moet men hierop letten, dat wanneer men het zelfde voor *cosinusfen*, *cotangenten* en *coscanten* zoekt, men de gevonden vierde evenredige van het getal dat in de Tafel staat moet aftrekken, om dat die lijnen kleiner worden als de boog aangroeit.

5°. Dat wanneer men, een *sinus* enz. gegeven zijnde, den  
Z 5
boog



boog zoekt waartoe hij behoort, de regel om dien boog ook met *seconden* uitgedrukken, het omgekeerde is der voorgaande; te weten, verschil van de twee *sinussen* in de Tafel tusschen welke de gegeven *sinus* invalt, tot het verschil van den gegeven en den kleinsten, als 60'' tot eene vierde evenredige; welke bij den kleinsten boog gevoegd, het gevraagde geeft. Men trekt af, zoo het een *cosinus*, *cotangens*, of *cosecant* is, die gegeven zijn.

6°. Dat het getal 1', of 60'', het welk in die beide regels voorkomt, alleen gebruikt wordt, om dat men Tafels onderstelt die slechts van 1' tot 1' of van 60'' tot 60'' gaan: maar dat men als zij, gelijk die van CALLET, gaan van 10'' tot 10''; als dan moet nemen 10'', het verschil tusschen twee bogen in de Tafel, in plaats van 60''.

7°. Dat de beide regels genoegzaam nauwkeurig zijn voor bogen waarvan de *sinussen* enz. zeer weinig verschillen: maar niet wanneer het verschil groot is; om dat als dan de onderstelling waarop die regel gevestigd is, te weten dat de Gonio-metrische lijnen in dezelfde rede toe- of afnemen als de bogen, niet doorgaat: en derhalve, dat die regel niet geldt wat de *sinussen*, *tangenten*, *secanten* betreft, voor de vijf eerste graden; noch voor de vijf laatste, wat de *cosinussen*, *cotangens*, *cosecanten* aangaat. Waarom dan ook in de Tafels van CALLET, die gelijk gezegd is, van 10'' tot 10'' gaan, voor de 5 eerste graden de *sinussen* van graad tot graad, opgegeven worden.

## II. OVER DE GUNTER'S- OF LOGARITHMEN-SCHAAL.

1°. Men heeft, gelijk wij reeds gezegd hebben, schalen vervaardigd, waarop de *choorden*, *sinussen*, *tangenten*, *secanten* van alle bogen gesneden zijn, voor eenen bijzonderen *radius*: wij hebben ze alle in dit Boek uitgelegd, te weten die der *choorden* Voorstel XII. Aanm. 2, 3, 4; die der *tangenten* Voorst. XXIV. Aanm. 2, 3; die der *secanten*, Voorst. XXXI. Aanm. 2. Maar er is ook eene schaal, die naar den uitvinder, GUNTER's (\*) schaal, of *logarithmen-schaal*, genoemd wordt: waarop de *Logarithmen* der getallen, der *sinussen* en der *tangenten* gevonden worden. Men treft deze schaal aan, of op pleinschalen, of ook wel op den *proportioneel-pasjer* gesneden. Men vindt ze op dezen, als de beide bladen geopend, en in ééne rechte lijn uitgestrekt zijn.

2°.

(\*) EDMUND GUNTER, Hoogleraar te Londen, een beroemd Wijskundige, in 1626. overleden.

2°. De GUNTER's schaal bestaat uit vier lijnen. De eerste met de letter *n* bestempeld, is de lijn der Logarithmen van de getallen: de tweede, *s* geteekend, is die van de Logarithmen der *sinussen*: en de derde, gemerkt *t*, is die van de logarithmen der *tangenten*. Soms is er nog eene vierde (*s. v.*) voor den *sinus versus*.

Op de eerste staan de Logarithmen van alle de getallen: zoo immers de eerste 2 voor 2 genomen wordt, is de eerste 9, het getal negen: de eerste 10 het getal 10, en zoo voorts. Maar zoo de eerste 2, voor 20 aangezien wordt, zal de eerste honderd aanduiden, en 70 zevenhonderd: enz. en zoo de eerste 2, tweehonderd aanduidt, is de eerste 10, duizend, en 70, is 7000 enz.

3°. Iedere dezer lijnen wordt afzonderlijk en op zich zelve gebruikt: of wel die der *sinussen*, en *tangenten* worden gebruikt veréénigd met die der getallen.

4°. Wanneer nu de eerste lijn alleen gebruikt wordt, dient zij om, bij enkele afspassing eenen regel van drieën op te lossen: immers zij  $a:b = c:x$  is  $\frac{a}{b} = \frac{c}{x}$ : en dus

$\text{Log. } a - \text{Log. } b = \text{Log. } c - \text{Log. } x$ : het verschil der Logarithmen van  $a$  en  $b$  is dan gelijk aan dat van  $c$  en  $x$ . Derhalve indien men de eene punt eens passers stelt op  $a$ , de andere op  $b$ ; is de ruimte door de punten bevat  $\text{Log. } a - \text{Log. } b$ . Zoo men dan nu de eene punt op  $c$  stelt, zal de andere op  $x$  vallen, aan de rechterhand zoo  $b > a$ , aan de linker zoo  $b < a$ , en  $x$  wordt bekend.

Op de zelfde wijze dienen de lijnen van *sinus* en *tangent* ieder afzonderlijk: en dus indien  $\sin. a : \sin. b = \sin. c : \sin. x$ , is  $\text{Log. } \sin. a - \text{Log. } \sin. b = \text{Log. } \sin. c - \text{Log. } \sin. x$ ; en men gaat op de zelfde wijze te werk.

5°. De tweede en derde lijn worden met de eerste veréénigd gebruikt, om eene vierde evenredige te zoeken, wanneer twee leden getallen zijn, de twee overige *sinussen*, of *tangenten*.

Zij  $a:b = \sin. c : \sin. x$ . Dan is  $\text{Log. } a - \text{Log. } b = \text{Log. } \sin. c - \text{Log. } \sin. x$ . Men neemt op de lijn der getallen  $\text{Log. } a - \text{Log. } b$ : men stelt de eene punt des passers, welke dat verschil heeft afgepast, op de lijn der *sinussen* in  $c$ : de andere punt valt op  $x$ , aan de rechter hand indien  $b > a$ ; aan de linker indien  $a > b$ ; en de hoek  $x$  is gevonden.

6°. Het gebruik der lijn van *tangenten* gaat op de zelf.

364 VIII. Boek: Over de maat en berekening der hoeken.

zelfde wijze voort: maar, vermits dezelve op  $45^\circ$ . schijnt te eindigen, zoude men verlegen kunnen staan, als men *tangenten* ontmoet van bogen, of hoeken, die grooter dan  $45^\circ$  zijn. Dit geval moet dus nauwkeurig ontwikkeld worden.

Ten dien einde zal het noodig zijn te doen opmerken, dat *Logarithmen-tangenten* zoodanige getallen zijn, dat *Log. tang. a* zoo veel boven of onder *Log. van den radius*, dat is boven of onder *Log. tang  $45^\circ$*  staat, als die van *tang.  $(90^\circ - a)$*  of van *cot. a* er onder of boven is. Immers *tang. a*

$$= \frac{r^2}{\cot. a} \text{ (Voorst. XXVI.) : derhalve } \text{Log. tang. } a =$$

$2 \text{ Log. } r - \text{Log. cot. } a$ ; of  $\text{Log. tang. } a = \text{Log. } r = \text{Log. } r + \text{Log. cot. } a$ : en daarom zijn ook op de hjn der *tangenten* dubbelde cijfferletters: van de linker naar de regter hand van 1 tot 45; van de regter naar de linker van 45 tot 50, 60, 70 enz. zoo dat 50 en 40, 60 en 30, 70 en 20 op de zelfde stippen staan: dat is *a* en complement *a*.

7°. Dit gesteld zijnde: dat *a* en *b* twee getallen zijn op de lijn der getallen, *d* een gegeven, en *x* een gezogte boog of hoek: en zij verder

$$a : b = \text{tang. } d : \text{tang. } x$$

dan is  $\text{Log. } a - \text{Log. } b = \text{Log. tang. } d - \text{Log. tang. } x$ .

1°. Indien  $a > b$ : en  $d < 45^\circ$ : is zeker  $x$  ook  $< 45^\circ$ : en derhalve is die *tangent* onmiddelijk op de schaal te vinden.

2°. Indien  $b > a$  en  $d > 45^\circ$ : is  $x$  ook  $> 45^\circ$  en dan werkt men door de *cotangenten*, zeggende

$$a : b = \frac{r^2}{\cot. d} : \frac{r^2}{\cot. x} = \cot. x : \cot. d.$$

en dus  $\text{Log. } b - \text{Log. } a = \text{L. cot. } d - \text{L. cot. } x$ : dus wordt *cot. x* onmiddelijk gevonden: en gelijk men voor *d* het complement van den gegeven hoek genomen heeft, neemt men het complement van *x* om den begeerden hoek te krijgen:

Maar indien 3°.  $a > b$ : en  $d > 45^\circ$ : kan  $x < 45^\circ$  zijn: zij dan

$$a : b = \frac{r^2}{\cot. d} : \text{tang. } x; \text{ dan is}$$

L.

$$\begin{aligned} L. a - L. b &= (L. r^2 - L. \cot. d) - \text{Log. tang. } x \\ &= 2 L. r - \text{Log. cot. } d - \text{Log. tang. } x \\ &= (L. r - \text{Log. cot. } d) + (L. r - \text{Log. tang. } x) \end{aligned}$$

en dus

$$(L. a - \text{Log } b) - (L. r - \text{Log. cot. } d) = L. r - L. \text{tang } x.$$

Men neemt dan eerst op de schaal, met den passer, het verschil van  $L. a$  en  $L. b$ : men zet de eene punt van den passer op  $45^\circ$ , dat is op  $L. r$ , en men ziet of de afstand van  $45^\circ$  tot  $d$ , nemende voor  $d$  het complement van den gegeven hoek, kleiner of grooter is dan de opening van den passer, dat is dan  $(L. a - L. b)$ . Men laat die tweede punt daar hij komt: en brengt de eerste van  $45^\circ$  op  $d$ : dan heeft men eene opening van den passer gelijk aan  $(L. a - L. b) - (L. r - L. \cot. d)$ , en derhalve gelijk aan  $L. r - \text{Log. tang. } x$ . Men stelt dan de eene punt van die opening op  $45^\circ$ : en ziet waar de andere valt: zoo nu  $L. r - L. \cot. d > L. a - L. b$  is  $L. \text{tang. } x > L. r$ , of  $\text{tang. } x > r$ , of  $x > 45^\circ$ : en men neemt het complement der graden waarop de punt valt. Indien  $L. a - L. b > L. r - \cot. d$ : is  $L. \text{tang. } x < L. r$  en  $x < 45^\circ$ .

8°. Indien dan 4°.  $a < b$ , en  $d < 45^\circ$ : zoude in de de uitdrukking  $a : b = \text{tang. } d : \text{tang. } x$ ,  $x > 45^\circ$  kunnen zijn: doch alle twijfeling hoe te handelen zal wegvallen, indien men in plaats van  $\text{tang. } x$  stelt  $\frac{r^2}{\cot. x}$ : dan

$$\text{is: } a : b = \text{tang. } d : \frac{r^2}{\cot. x}$$

$$\begin{aligned} L. b - \text{Log. } a &= L. \frac{r^2}{\cot. x} - \text{Log. tang. } d \\ &= 2 L. r - L. \cot. x - \text{Log. tang. } d \\ &= L. r - \text{Log. tang. } d + L. r - L. \cot. x \end{aligned}$$

en  $(L. b - \text{Log. } a) - (L. r - \text{Log. tang. } d) = L. r - L. \cot. x$ .

Men handelt gelijk in N°. 3: en weet dat  $x >$  of  $<$   $45^\circ$  is, naar mate  $(L. r - \text{Log. tang. } d) >$  of  $<$   $(L. b - L. a)$ .

### III. OVER DE SCHUIFSCHAAL.

1°. Bij de GUNTER's *schaal* wordt een passer gebruikt, om de noodige afpassing te doen. Bij de *schuifschaal* is geen passer noodig. Ten dien einde, is er midden in de schaal eene sleuf, waarin zich een liniaal, of eene schuif, beweegt, die het werk des passers waarneemt.

Ten

Ten dien einde is er, (om nu niet van de overige lijnen te spreken, die zich doorgaans op schuiffchalen, even als op pleinschalen, bevinden,) op de eene zijde, aan den eenen kant langs de sleuf eene lijn van *tangenten*, aan den anderen eene lijn van *sinusfen*, welke van den zelfden aard zijn als op de GUNTER's schaal.

Op de andere zijde is langs de sleuf eene lijn van getallen of *num.* even als op de GUNTER's schaal.

Op de eene zijde van het liniaal, of van de schuif, is langs den eenen kant eene lijn van *sinusfen* en langs den anderen eene van *tangenten*: op de andere zijde, zijn langs de beide kanten lijnen van getallen: alle deze lijnen zijn van den zelfden aard als op de GUNTER's schaal.

2°. Indien men de evenredigheid oplossen wil  $a : b = c : x$ : stelt men het liniaal zoodanig in de sleuf dat de lijn der getallen op dezelfde, langs de lijn der getallen op de schaal zelve bewogen worde: men neemt  $a$  en  $b$  op het liniaal: schuife het tot dat  $b$  over  $c$  staat, zoo  $b < a$ : dan zal het getal dat op de schaal over  $c$  van het liniaal, of van de schuif, aan de linker hand staat,  $x$  zijn: want dan is de afstand  $\text{Log. } a - \text{Log. } b$  gelijk aan den afstand  $\text{Log. } c - \text{Log. } x$ .

Indien  $b > a$ : zal men  $a$  onder  $c$  brengen, het getal dat aan de rechterhand boven  $c$  staat is  $x$ .

3°. Indien men heeft  $a : b = \sin. a : \sin. x$  of  $a : b = \text{tang. } c : \text{tang. } x$ , zal men het liniaal, of de schuif, zoodanig in de sleuf stellen, dat de lijn der getallen op de schuif, overeenkome met die der *sinusfen*, of der *tangenten* op de schaal, en men werke op de zelfde wijze.

4°. Op de schuiffchaal is oók doorgaans eene lijn geteekend S. R. of S. *Rumb* beteekenende *sinus-rumb*: en somtijds nog eene andere T. R. of *tang. rumb*: de eene bevat de Logarithmen *sinus* en de andere de Logarithmen *tangent* der hoeken (genaamd *Rhumb*) of der compassrekenen: en beide worden alleen gebruikt in verband met de lijn der getallen. Zij dienen den zeelieden om in eene evenredigheid, waarvan de leden uit getallen, en uit *sinusfen* of *tangenten* van hoeken, die niet in graden en minuten, maar in *streeken*, en gedeelten van dien, opgegeven worden, de vierde evenredige te vinden op de zelfde wijze als men doen zoude met de lijn der *sinusfen*, of die der *tangenten*, indien de hoeken in graden en minuten opgegeven waren.

## IV. A F D E E L I N G.

OVER DE FORMULES VOOR GONIOMETRI-  
SCHE LIJNEN.

Men maakt tegenwoordig in de Wiskunde een zeer groot gebruik van de *Goniometrische* lijnen, welke als dan door *formules* worden uitgedrukt, die het gemakkelijk valt in het geheugen te prenten, of zich voor oogen te houden. Verscheide Schrijvers, BULER, CAGNOLI, DE GELDER en anderen, hebben eene menigte opgegeven. Vele derzelve, en wellicht alle, kunnen geometrisch, uit de figuur zelve bewezen worden: gelijk, immers voor sommige daarvan, door uitmuntende Schrijvers gedaan is: waar omtrent misschien de meeste eenvoudigheid betracht heeft ROBERTSON in zijne *Elements of Navigation*, Boek IV. §. 169 — § 225. Maar om dat wij de hoofd-*formules* uit geometrische gronden hebben opgemaakt, verkiezen wij nu aantoonen hoe alle de overige, zonder verder bewijs, uit deze zijn afte-leiden. Wij zullen ze, in eenige Voorstellen in behoorlijke orde schikken, op dat men te gemakkelijker die, welke men noodig mogt hebben, zoude kunnen vinden. Alleen zij dit voor uit gesteld, dat in dezelve de eenheid voor den *radius* gesteld is, en derhalve  $r = 1$  gehouden wordt.

## XXXII. VOORSTEL.

De meest belangrijke uitdrukkingen van *sinussen* en *cosinussen*, in zekere gevallen, zijn in de volgende formules begrepen.

1.  $\text{Sin. } 0^\circ = 0$        $\text{cos. } 0 = 1$       Bep. 3. Aanm. en  
Bep. 4. Aanm.

2.  $\text{Sin. } 30^\circ = \text{cos. } 60^\circ = 0.5$       XVI. Gev. 2. (\*)  
 $\text{Cos. } 30^\circ = \text{sin. } 60^\circ = \frac{1}{2} \sqrt{3}$       XVII. Gev. 3.

3.  $\text{Sin. } 45^\circ = \text{cos. } 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$       XVII. Gev. 2.

4.

(\*) De aanhalingen in romeinsche cijfers duiden de Voorstellen aan, die in gewone cijfers de N°. van deze formules.

4.  $\sin. 90^\circ = 1$   $\cos. 90^\circ = 0$   
 5.  $\sin. 180^\circ = 0$   $\cos. 180^\circ = -1$   
 6.  $\sin. 270^\circ = -1$ ;  $\cos. 270^\circ = 0$   
 7.  $\sin. 360^\circ = 0$   $\cos. 360^\circ = 1$   
 8.  $\sin.^2 (B) + \cos.^2 (B) = 1$  XVII.  
 9.  $\sin.^2 (B) = 1 - \cos.^2 (B)$  XVII. Gev. 1.  
 $= (1 - \cos. B) (1 + \cos. B)$   
 $= \sin. v. B \times \sin. v. \text{sup. } E$  Bep. 5. Gev.  
 10.  $\cos.^2 (B) = 1 - \sin.^2 (B)$  XVII. Gev. 1.

11.  $\sin. (B + C) = \sin. B \cos. C + \sin. C \cos. B$  } XXI.  
 12.  $\sin. (B - C) = \sin. B \cos. C - \sin. C \cos. B$  }  
 13.  $\cos. (B + C) = \cos. B \cos. C - \sin. B \sin. C$  } XXII.  
 14.  $\cos. (B - C) = \cos. B \cos. C + \sin. B \sin. C$  }  
 15.  $\sin. 2 B = 2 \sin. B \cos. B$  Uit 11 zoo  $B = C$ .  
 16.  $\cos. 2 B = \cos.^2 (B) - \sin.^2 (B)$  Uit 13 zoo  $B = C$ .  
 17.  $\cos. 2 B = 2 \cos.^2 (B) - 1$  Uit 16. 9.  
 18.  $\cos. 2 B = 1 - 2 \sin.^2 (B)$  Uit 16. 10.  
 19.  $\sin. (90^\circ + C) = \cos. C$  11. 12. 4.  
 20.  $\cos. (90^\circ \pm C) = \mp \sin. C$  13. 14. 4.  
 21.  $\sin. (180^\circ \pm C) = \mp \sin. C$  11. 12. 5.  
 22.  $\cos. (180^\circ \pm C) = -\cos. C$  13. 14. 5.  
 Voor  $\sin. (B + C) + \sin. (B - C)$  }  
 $\sin. (B - C) - \sin. (B - C)$  } Zie N°. 38. 39.  
 $\cos. (B + C) + \cos. (B - C)$  } 41. 42.  
 $\cos. (B - C) - \cos. (B - C)$  }

23.  $\sin. (B + C) \cdot \sin. (B - C) = \sin.^2 B - \sin.^2 C$  Uit 11 en 12: stel-  
 $= \cos.^2 C - \cos.^2 B$  lende uit 9 en 10.  
 voor  $\sin.^2 B$  en  $\sin.^2 C$   
 derzelver waarde.  
 24.  $\sin. (B + C) \cdot \cos. (B - C) = \frac{\sin. 2 B + \sin. 2 C}{2}$  Uit 11 en 14: daar  
 na uit 8 en 15.  
 25.  $\sin. (B - C) \cdot \cos. (B + C) = \frac{\sin. 2 B - \sin. 2 C}{2}$  Uit 12 en 13: daar  
 na uit 8 en 15.

$$26. \sin. (B + C) \cos. (B + C) = \frac{\sin. 2B \cos. 2C + \sin. 2C \cos. 2B}{2}$$

Uit 17 en 19: dan 8, 15, 16.

$$27. \sin. (B - C) \cos. (B - C) = \frac{\sin. 2B \cos. 2C - \sin. 2C \cos. 2B}{2}$$

Uit 12 en 14: dan 15, 16.

$$28. \cos. (B + C) \cos. (B - C) = \cos.^2 B - \sin.^2 C = \cos.^2 C - \sin.^2 B$$

Uit 13, 14 en dan substitueerende uit 9 en 10 voor  $\cos.^2 B$  en voor  $\sin.^2 C$ .

$$29. \sin.^2 (\frac{1}{2} B) = \frac{1 - \cos. B}{2}$$

18.

$$30. \cos.^2 (\frac{1}{2} B) = \frac{1 + \cos. B}{2}$$

18.

$$31. \sin. \frac{1}{2} (B + C) \sin. \frac{1}{2} (B - C) = \frac{\cos. B - \cos. C}{2}$$

Uit 23 stellende  $\frac{1}{2} B$ , en  $\frac{1}{2} C$  voor  $B$  en  $C$ : en dan uit 29.

$$32. \cos. \frac{1}{2} (B + C) \cos. \frac{1}{2} (B - C) = \cos.^2 (\frac{1}{2} C) - \sin.^2 (\frac{1}{2} B) = \cos.^2 (\frac{1}{2} B) - \sin.^2 (\frac{1}{2} C)$$

Uit 28 en dan uit 30.

$$33. \sin. B + \sin. C = 2 \sin. \frac{1}{2} (B + C) \cos. \frac{1}{2} (B - C)$$

Uit 24.

$$34. \sin. B - \sin. C = 2 \sin. \frac{1}{2} (B - C) \cos. \frac{1}{2} (B + C)$$

Uit 25.

$$35. \cos. B + \cos. C = 2 \cos. \frac{1}{2} (B + C) \cos. \frac{1}{2} (B - C)$$

Uit 28 en dan 30.

$$36. \cos. C - \cos. B = 2 \sin. \frac{1}{2} (B + C) \sin. \frac{1}{2} (B - C)$$

Uit 23 en dan 29.

$\cos. C - \cos. B$ . Zie N<sup>o</sup>. 48.

$$37. \sin. B \cos. C = \sin. B - 2 \sin.^2 (\frac{1}{2} C) \sin. B$$

Uit 29 gemultiplieerd door  $\sin. B$ .

$$38. \sin. B \cos. C = \frac{1}{2} \sin. (B + C) + \frac{1}{2} \sin. (B - C)$$

Som van 11 en 12.

$$39. \sin. C \cos. B = \frac{1}{2} \sin. (B + C) - \frac{1}{2} \sin. (B - C)$$

Vershil van 11 en 12.

$$40. \cos. B \cos. C = \cos. C - 2 \sin.^2 \frac{1}{2} B \cos. C$$

Uit 29 gemultiplieerd door  $\cos. C$ .

$$41. \cos. B \cos. C = \frac{1}{2} \cos. (B + C) + \frac{1}{2} \cos. (B - C)$$

Som van 13 en 14.

$$42. \sin. B \sin. C = \frac{1}{2} \cos. (B - C) - \frac{1}{2} \cos. (B + C)$$

Vershil van 13 en 14.

$$43. \sin. \gamma. B = 1 - \cos. B$$

Indien  $B < 90^\circ$

$$44. \sin. \gamma B = 2 \sin.^2 (\frac{1}{2} B)$$

Bep. V. Gev.

Uit 43 en 29.



$$45. \sin. v. B = 1 + \cos. B \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{Indien } B > 90^\circ \quad \text{Uit Bep. V. Gev.}$$

$$46. \sin. v. B = 2 \cos.^2 \left( \frac{1}{2} B \right) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{Uit 45 en 30.}$$

$$47. \sin. v. B = \frac{\sin.^2 (B)}{\sin. v. \sup. B} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{altijd het zij } B > 90^\circ \text{ of } B < 90^\circ \quad \text{Uit XVIII. Gev.}$$

$$48. \sin. v. B - \sin. v. C = \cos. C - \cos. B \quad \text{Uit 43.}$$

$$49. \text{Tang. } B = \frac{\sin. B}{\cos. B} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Uit XXV.}$$

$$50. \text{Cot. } B = \frac{\cos. B}{\sin. B}$$

$$50^*. \text{Cot. } B = \text{cosec. } B + \text{tang. } \frac{1}{2} B \quad \text{Zie hier onder 75.}$$

$$51. \text{Tang. } B = \frac{1}{\cot. B} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Uit XXVI. Gev. 1.}$$

$$52. \text{Cot. } B = \frac{1}{\text{tang. } B}$$

$$53. \text{Tang. } 45^\circ = \cot. 45^\circ = 1 \quad \text{Uit XXV. Gev. 1.}$$

$$54. \text{Tang. } B + \text{tang. } C = \frac{\sin. (B + C)}{\cos. B \cdot \cos. C} \quad \text{Nemende uit 49 de som der breuken tang. B en tang. C; en reduceerende door 11.}$$

$$55. \text{Tang. } B - \text{tang. } C = \frac{\sin. (B - C)}{\cos. B \cdot \cos. C} \quad \text{Nemende uit 49 het verschil der breuken tang. B en tang. C; en reduceerende door 12.}$$

$$56. \text{Cot. } B + \text{cot. } C = \frac{\sin. (B + C)}{\sin. B \cdot \sin. C} \quad \text{Nemende uit 50 de som van cot. B en cot. C; en reduceerende door 11.}$$

$$57. \text{Cot. } C - \text{cot. } B = \frac{\sin. (B - C)}{\sin. B \cdot \sin. C} \quad \text{Nemende uit 50 het verschil van cot. C en cot. B; en reduceerende door 12.}$$

$$58. \text{Tang. } B + \text{tang. } C = \cot. B + \cot. C \quad \text{Uit 54 en 56.}$$

$$59. \text{Tang. } B - \text{tang. } C = \cot. C - \cot. B \quad \text{Uit 55 en 57.}$$

$$60. \text{Tang.}^2 B - \text{tang.}^2 C = \frac{\sin (B - C) \cdot \sin. (B + C)}{\cos.^2 B \cdot \cos.^2 C} \quad \text{Multipl. 54 door 55}$$

$$61. \text{Tang.}^2 B - \text{tang}^2 C = \frac{\sin.^2 B - \sin.^2 C}{\cos.^2 B \cdot \cos.^2 C} \quad \text{Uit 60 en 23.}$$

$$= \frac{\cos.^2 C - \sin.^2 B}{\cos.^2 B \cdot \cos.^2 C}$$

$$62. \text{Cot.}^2 C - \text{cot.}^2 B = \frac{\sin. (B - C) \sin. (B + C)}{\sin.^2 B \cdot \sin.^2 C} \quad \text{Multipl. 56 door 57.}$$

$$63. \text{Cot.}^2 C - \text{cot.}^2 B = \frac{\sin.^2 B - \sin.^2 C}{\sin.^2 B \cdot \sin.^2 C} \quad \text{Uit 62 en 23.}$$

$$64. \text{Tang.} (B + C) = \frac{\text{tang.} B + \text{tang.} C}{1 + \text{tang.} B \cdot \text{tang.} C}$$

Divid. 11 door 13:  
en dan div. door  
 $\sin. B \cdot \cos. C$  on-  
der en boven.

$$65. \text{Tang.} (B - C) = \frac{\text{tang.} B - \text{tang.} C}{1 + \text{tang.} B \cdot \text{tang.} C}$$

Divid. 12 door 14:  
en dan divid. bo-  
ven en onder door  
 $\sin. B \cdot \cos. B$ .

$$66. \text{Cot.} (B + C) = \frac{1 - \text{tang.} B \cdot \text{tang.} C}{\text{tang.} B + \text{tang.} C}$$

Uit 64 en 52.

$$67. \text{Cot.} (B - C) = \frac{1 + \text{tang.} B \cdot \text{tang.} C}{\text{tang.} B - \text{tang.} C}$$

Uit 63 en 52.

$$68. \text{Tang.} (45^\circ \pm B) = \frac{1 \pm \text{tang.} B}{1 \mp \text{tang.} B}$$

Uit 64 en 52.

$$69. \text{Tang.} 2 B = \frac{2 \text{ tang.} B}{1 - \text{tang.}^2 B}$$

XXVIII. Gev.

$$70. \text{Tang.} \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{1 - \cos. B}{1 + \cos. B}}$$

Divid. 29 door 30.

$$71. \text{Tang.} \frac{1}{2} B = \frac{\sin. B}{1 + \cos. B}$$

Multipl. 70 boven  
en onder door  $1 + \cos. B$ , en dan door  
9, en trekkende den  
wortel.

$$72. \text{Tang.} \frac{1}{2} B = \frac{\sin.^2 B}{\sin. B (1 + \cos. B)}$$

Uit 71.

A 2 2

72°.

$$72^*. \text{Tang. } \frac{1}{2} B = \frac{1 - \cos. B}{\sin. B (1 + \cos. B)}$$

Uit 71. en 8.

$$73. \text{Tang. } \frac{1}{2} B = \frac{1 - \cos. B}{\sin. B}$$

Uit 72: div. door  $1 + \cos. B$ .

$$74. \text{Tang. } \frac{1}{2} B = \frac{1}{\sin. B} - \cot. B$$

Uit 73 en 50.

$$75. \text{Tang. } \frac{1}{2} B = \operatorname{cosec.} B - \cot. B$$

Uit 74: en hier onder 88.

$$\text{Waaruit } \cot. B = \operatorname{cosec.} B - \text{tang. } \frac{1}{2} B.$$

Zie ook het bewijs van N°. 129.

$$76. \text{Tang. } (45^\circ \pm \frac{1}{2} B) = \frac{\cos. \frac{1}{2} B \mp \sin. \frac{1}{2} B}{\cos. \frac{1}{2} B \pm \sin. \frac{1}{2} B}$$

Stellende  $45^\circ$  voor  $B$  en  $\frac{1}{2} B$  voor  $C$  in 11 en 14: divideerende 11 door 14: en in de reductie lettende op 3.

$$77. \text{Tang.}^2 (45^\circ \pm \frac{1}{2} B) = \frac{1 \pm \sin. B}{1 \mp \sin. B}$$

Brengende N°. 76 in het vierkant en in de reductie lettende op 15.

$$78. \text{Tang. } \frac{1}{2} (B + C) = \frac{\sin. B + \sin. C}{\cos. B + \cos. C}$$

Divid. 33 door 35: en dan door 49.

$$79. \cot \frac{1}{2} (B + C) = \frac{\sin. B - \sin. C}{\cos. C - \cos. B}$$

Divid. 34 door 36: en dan door 50.

$$80. \text{Tang. } \frac{1}{2} (B - C) = \frac{\sin. B - \sin. C}{\cos. B + \cos. C}$$

Divid. 34 door 35: en dan door 49.

$$81. \cot \frac{1}{2} (B - C) = \frac{\sin. B + \sin. C}{\cos. C - \cos. B}$$

Divid. 33 door 36: en dan door 50.

$$82. \frac{\text{Tang. } \frac{1}{2} (B + C)}{\text{Tang. } \frac{1}{2} (B - C)} = \frac{\sin. B + \sin. C}{\sin. B - \sin. C}$$

Divid. 78 door 80.

$$83. \frac{\cot \frac{1}{2} (B + C)}{\text{Tang. } \frac{1}{2} (B - C)} = \frac{\cos. B + \cos. C}{\cos. C - \cos. B}$$

Divid. 79 door 80.

$$83^*. \text{Sec. } B = \text{tang. } B + \text{tang. } \frac{1}{2} \text{compl. } B$$

Uit XXX.

$$84. \text{Sec. } B = \frac{1}{\cos. B}$$

Uit XXXI. Gev.

$$85. \text{Sec. } B = \sqrt{1 + \text{tang.}^2 B} \quad \text{Uit XXXI.}$$

$$86. \text{Sec. } B = \frac{1 + \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)}{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} (*)$$

$$87. \text{Sec. } B = 1 + \text{tang. } B \cdot \text{tang. } (\frac{1}{2} B) (\dagger)$$

$$88. \text{Cofec. } B = \frac{1}{\sin. B} \quad \text{Uit XXXI. Gev. 1.}$$

$$89. \text{Cofec. } B = \sqrt{1 + \cot.^2 B} \quad \text{Uit XXXI.}$$

AANMERKING. De voorgaande formules bevatten in zich uitdrukkingen van *sinus* B, *cosinus* B, en *tang.* B, welke dikwerf gebruikt worden, en die het derhalve nuttig zijn zal onder drie Voorstellen hier bij te voegen: zij zijn alle uit CAGNOLI genomen.

### XXXIII. VOORSTEL.

De *sinus* van eenen hoek B kan door de volgende formules uitgedrukt worden.

$$90. \text{Sin. } B = \sqrt{1 - \cos.^2 (B)} \quad \text{Uit 9.}$$

$$91. \text{Sin. } B = \cos. B \cdot \text{tang. } B \quad \text{Uit 49.}$$

92.

(\*) Neem uit 71 de waarde van *tang.* ( $\frac{1}{2} B$ ) dan is  $\frac{1 + \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)}{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} =$

$$\begin{aligned} & \frac{1 + \frac{\sin.^2 B}{(1 + \cos. B)^2}}{1 - \frac{\sin.^2 B}{(1 + \cos. B)^2}} = \frac{(1 + \cos. B)^2 + \sin.^2 B}{(1 + \cos. B)^2 - \sin.^2 B} = \frac{1 + 2 \cos. B + \cos.^2 B + \sin.^2 B}{1 + 2 \cos. B + \cos.^2 B - \sin.^2 B} \\ & = (8 \text{ en } 10) = \frac{2 + 2 \cos. B}{2 \cos.^2 B + 2 \cos. B} = \frac{1 + \cos. B}{\cos. B (1 + \cos. B)} = \frac{1}{\cos. B} = \text{sec. } B. \end{aligned}$$

$$(\dagger) \text{ Uit N}^\circ. 86. \text{ is } \text{sec. } B = \frac{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B) + 2 \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)}{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} =$$

$$\begin{aligned} & 1 + \text{tang. } (\frac{1}{2} B) \times \frac{\text{tang. } (\frac{1}{2} B)}{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} = (\text{door N}^\circ. 69 \text{ stellende } \frac{1}{2} B \text{ voor } B) \\ & = 1 + \text{tang. } \frac{1}{2} B \times \frac{\text{tang. } B}{2} \end{aligned}$$

$$92. \sin. B = \frac{\cos. B}{\cot. B} \quad \text{Uit 50.}$$

$$93. \sin. B = \frac{1}{\sqrt{1 + \cot.^2 B}} \quad \text{Uit 89 en 88 en 84.}$$

$$94. \sin. B = \frac{\tan. B}{\sqrt{1 + \tan.^2 B}} \quad \text{Uit 49 en 85.}$$

$$95. \sin. B = 2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right) \cos. \left(\frac{1}{2} B\right) \quad \text{Uit 15: stellende } \frac{1}{2} B \text{ voor } B.$$

$$96. \sin. B = \sqrt{\frac{1 - \cos. 2 B}{2}} \quad \text{Uit 9 en 17.}$$

$$97. \sin. B = \frac{2 \tan. \left(\frac{1}{2} B\right)}{1 + \tan.^2 \left(\frac{1}{2} B\right)} (*).$$

$$98. \sin. B = \frac{2}{\cos. \left(\frac{1}{2} B\right) + \tan. \left(\frac{1}{2} B\right)} \quad \text{Uit 98: div. door } \tan. \left(\frac{1}{2} B\right) \text{ in 52.}$$

$$99. \sin. B = \frac{1}{\cot. B + \tan. \left(\frac{1}{2} B\right)} \quad \text{Uit 50* en 73.}$$

$$\left. \begin{aligned} 100. \sin. B &= 2 \sin.^2 \left(45^\circ + \frac{1}{2} B\right) - 1 \\ 101. \sin. B &= 1 - 2 \sin.^2 \left(45^\circ - \frac{1}{2} B\right) \end{aligned} \right\} (†)$$

$$102. \sin. B = \frac{1 - \tan.^2 \left(45^\circ - \frac{1}{2} B\right)}{1 + \tan.^2 \left(45^\circ - \frac{1}{2} B\right)} \quad \text{Uit 77.}$$

103.

$$L(*) \text{ Uit 96 is } \sin. B = 2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right) \cos. \left(\frac{1}{2} B\right) = \frac{2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right)}{\cos. \left(\frac{1}{2} B\right) \times \frac{1}{\cos.^2 \left(\frac{1}{2} B\right)}}$$

$$= \frac{2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right)}{\cos. \left(\frac{1}{2} B\right) \sec.^2 \left(\frac{1}{2} B\right)} = \frac{2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right)}{\cos. \frac{1}{2} B (1 + \tan.^2 \left(\frac{1}{2} B\right))} = (49) = \frac{2 \tan. \left(\frac{1}{2} B\right)}{1 + \tan.^2 \left(\frac{1}{2} B\right)}$$

$$(†) \text{ Door 11 en 3 } \sin. \left(45^\circ + \frac{1}{2} B\right) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\cos. \frac{1}{2} B) + \sin. \left(\frac{1}{2} B\right) \text{ en } 2 \sin. \left(45^\circ + \frac{1}{2} B\right) = \cos.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) + \sin.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) = \cos.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) + \sin.^2 \left(\frac{1}{2} B\right) + 2 \sin. \left(\frac{1}{2} B\right) \cos. \left(\frac{1}{2} B\right) = (\text{door 8 en 15}) = 1 + \sin. B \text{ waaruit het Voorstel volgt}$$

$$103. \sin. B = \frac{\text{tang.}(45^\circ. + \frac{1}{2}B) - \text{tang.}(45^\circ. - \frac{1}{2}B)}{\text{tang.}(45^\circ. + \frac{1}{2}B) + \text{tang.}(45^\circ. - \frac{1}{2}B)} \quad \text{Uit 77: en reducee-}$$

$$104. \sin. B = \sin. (60^\circ. + B) - \sin. (60^\circ. - B) \quad \text{Nemende uit 11 de}$$

waardij van  $\sin.$   
( $60^\circ. + B$ ) en uit  
2 die van  $\cos. 60^\circ.$

XXXIV. VOORSTEL:

De *cosinus* van eenen hoek B kan door de volgende formules uitgedrukt worden.

$$105. \cos. B = \sqrt{1 - \sin.^2 (B)} \quad \text{Uit 10.}$$

$$106. \cos. B = \frac{\sin. B}{\text{tang.} B} \quad \text{Uit 49.}$$

$$107. \cos. B = \sin. B \cdot \cot. B \quad \text{Uit 50.}$$

$$108. \cos. B = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tang.}^2 B}} = \frac{1}{\sec. B} \quad \text{Uit 84 en 85.}$$

$$109. \cos. B = \frac{\cot. B}{\sqrt{1 + \cot.^2 B}} \quad \text{Uit 50 en 89.}$$

$$110. \cos. B = \cos.^2 (\frac{1}{2} B) - \sin.^2 (\frac{1}{2} B) \quad \text{Uit 16 stellende } \frac{1}{2} B \text{ voor } B.$$

$$111. \cos. B = 1 - 2 \sin.^2 (\frac{1}{2} B) \quad \text{Uit 18.}$$

$$112. \cos. B = 2 \cos.^2 (\frac{1}{2} B) - 1 \quad \text{Uit 30.}$$

$$113. \cos. B = \sqrt{\frac{1 + \cos. 2 B}{2}} \quad \text{Uit 17.}$$

$$114. \cos. B = \frac{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)}{1 + \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} \quad \text{Uit 73 in het vier-}$$

kantgebragt: en dan  
reduceer. door 8.

$$115. \cos. B = \frac{\cot. (\frac{1}{2} B) - \text{tang.} (\frac{1}{2} B)}{\cot. (\frac{1}{2} B) + \text{tang.} (\frac{1}{2} B)} \quad \text{Uit 73: nemende}$$

$\frac{\sin. B}{1 - \cos. B}$  voor  
 $\cot. \frac{1}{2} B$ : en red-  
uceerende door 8.

$$116. \cos. B = \frac{1}{1 + \text{tang.} B \cdot \text{tang.} \frac{1}{2} B} \quad \text{Uit 49 en 73.}$$

$$117. \cos. B = \frac{2}{\text{tang.}(45^\circ. + \frac{1}{2}B) + \cot.(45^\circ. + \frac{1}{2}B)} \quad \text{Op dezelfde wijze}$$

uit 76: reduceeren-  
de, en eindelijk uit  
9 en 16.

$$118. \text{Cos. } B = 2 \text{ cos. } (45^\circ + \frac{1}{2} B) \text{ cos. } (45^\circ - \frac{1}{2} B) \quad \text{Uit 28 stellende } 45^\circ \text{ voor } B: \frac{1}{2} B \text{ voor } C \text{ en dan door 3.}$$

$$119. \text{Cos. } B = \text{cos. } (60^\circ + B) + \text{cos. } (60^\circ - B) \quad \text{Uit 41 stellende } 60^\circ \text{ voor } B \text{ en } B \text{ voor } C \text{ en dan door 2.}$$

### XXXV. VOORSTEL.

De *tangent* van eenigen hoek  $B$  kan door de volgende formules uitgedrukt worden.

$$120. \text{Tang. } B = \frac{\sin. B}{\cos. B} \quad \text{Zie boven 49.}$$

$$121. \text{Tang. } B = \frac{1}{\cot. B} \quad \text{Zie boven 51.}$$

$$122. \text{Tang. } B = V \left( \frac{1}{\cos.^2 B} - 1 \right) \quad \text{Uit 35 en 84.}$$

$$123. \text{Tang. } B = \frac{\sin. B}{V 1 - \sin.^2 (B)} \quad \text{Uit 120 en 125.}$$

$$124. \text{Tang. } B = \frac{V(1 - \cos.^2 B)}{\cos. B} \quad \text{Uit 120 en 90.}$$

$$125. \text{Tang. } B = \frac{2. \text{tang. } (\frac{1}{2} B)}{1 - \text{tang.}^2 (\frac{1}{2} B)} \quad \text{Uit 69: stellende } \frac{1}{2} B \text{ voor } B.$$

$$126. \text{Tang. } B = \frac{2. \cot. (\frac{1}{2} B)}{\cot.^2 (\frac{1}{2} B) - 1} \quad \text{Uit 125: multipl. door } \cot.^2 (\frac{1}{2} B) \text{ en reduc. door 121.}$$

$$127. \text{Tang. } B = \frac{2}{\cot. (\frac{1}{2} B) - \text{tang. } (\frac{1}{2} B)} \quad \text{Uit 126: divid door } \cot. (\frac{1}{2} B) \text{ en dan door 121.}$$

$$128. \text{Tang. } B = \cot. B - 2 \cot. 2 B (*)$$

$$129. \text{Tang. } B = \frac{1 - \cos. 2 B}{\sin 2 B} \quad \text{Uit 73: stellende } B \text{ voor } \frac{1}{2} B.$$

$$130. \text{Tang. } B = \frac{\sin. (2 B)}{1 + \cos 2 B} \quad \text{Uit 71: stellende } B \text{ voor } \frac{1}{2} B.$$

$$131. \text{Tang. } B = V \frac{1 - \cos. 2 B}{1 + \cos. 2 B} \quad \text{Uit 70: stellende } B \text{ voor } \frac{1}{2} B.$$

$$132. \text{Tang. } B = \frac{\text{tang. } (45^\circ + \frac{1}{2} B) - \text{tang. } (45^\circ - \frac{1}{2} B)}{2} \quad \text{Uit 103 en 102.}$$

(\*) Uit 127 is  $\cot. (\frac{1}{2} B) - \text{tang. } (\frac{1}{2} B) = \frac{2}{\text{tang. } B} = 2 \cot. B.$   
en dus

$\text{tang. } (\frac{1}{2} B) = \cot. (\frac{1}{2} B) - 2 \cot. B$ , waaruit  $B$  voor  $\frac{1}{2} B$  stellende het Voorstel volgt.  
V.

## V. AFDEELING.

OVER HET GEBRUIK DER SINUSTAFELS,  
TER GEMAKKELIJKE BEREKENING VAN  
EENIGE GROOTHEDEN.

## XXXVI. VOORSTEL.

Alle grootheden, die ware breuken zijn, en, welke verandering zij ook ondergaan mogen, altoos ware breuken blijven, kunnen als de *sinus* van eenigen boog aangezien worden: en alle grootheden, die breuken zijn, doch van ware breuken gemengde breuken, of geheele getallen, kunnen worden, zoo ver men wil uitgestrekt, kunnen als *tangenten* worden aangemerkt.

BEWIJS. De eenheid voor den *radius* aangenomen zijnde, zijn immers alle *sinussen* breuken: de *tangenten* zijn breuken tot  $45^\circ$  toe, en vervolgens gemengde breuken, of geheele getallen.

AANMERKING. De *secanten*, die altijd groter dan de *radius* zijn, zijn geheele getallen, of gemengde breuken.

## XXXVII. VOORSTEL.

Alle grootheden, die deze gedaante hebben,  $ab - cd = x$ , welke ook de grootte van  $a, b, c, d$  mogen zijn, zijn zoodanig dat men heeft  $\sqrt{\frac{cd}{ab}} = \cos. A$  en  $ab - cd = x = cd (\tan. A)^2$ .

CAGNOLI. §. 202.

BEWIJS.  $x = ab - cd = cd \left( \frac{ab}{cd} - 1 \right)$ .

Maar  $(\tan. A)^2 = (\sec. A)^2 - 1 = \frac{1}{(\cos. A)^2} - 1$ , en dus

indien  $\frac{1}{(\cos. A)^2} = \frac{ab}{cd}$ , of  $\cos. A = \sqrt{\frac{cd}{ab}}$ ,

is  $ab - cd = cd \left( \frac{1}{(\cos. A)^2} - 1 \right) = cd (\tan. A)^2 = x$ .



## GEVOLG.

Daar men altijd  $ab = p^2$  en  $cd = q^2$  stellen kan, IV. 9. Gev. II.) heeft men ook,

$$\text{indien } x = p^2 - q^2: \text{ en } \cos. A = \frac{q}{p}$$

$$x = q^2 (\text{tang. } A)^2.$$

## XXXVIII. VOORSTEL.

Alle grootheden die deze gedaante hebben,  $x = ab + cd$ , welke ook de grootte van  $a, b, c, d$  zijn moge, zijn zoodanig, dat men stellen kan,

$$\sqrt{\frac{cd}{ab}} = \text{tang. } A \text{ en } x = \frac{ab}{(\cos. A)^2}$$

$$\text{BEWIJS. } x = ab + cd = ab \left(1 + \frac{cd}{ab}\right).$$

$$\text{Maar } \sec. A^2 = 1 + \text{tang. } A^2 \text{ (Voorstel XXXI.)}$$

$$\text{en dus, indien } \text{tang. } A = \sqrt{\frac{cd}{ab}}, \text{ is}$$

$$x = ab + cd = ab (\sec. A)^2 = \frac{ab}{(\cos. A)^2} \text{ (Voorst. XXXI.)}$$

## I. GEVOLG.

Men kan ook stellen  $\cos. A = \sqrt{\frac{cd}{ab}}$  en dan hadt men

$$x = \frac{ab}{(\sin. A)^2}$$

## II. GEVOLG.

Indien  $ab = p^2$ ;  $cd = q^2$ ;  $\text{tang. } A = \frac{q}{p}$ : is  $x = \frac{p^2}{(\cos. A)^2}$

## XXXIX. VOORSTEL.

Alle grootheden, die deze gedaante hebben  $x = \sqrt{p^2 + q^2}$ , zijn zoodanig, dat zoo  $\text{tang. } A = \frac{q}{p}$ ;  $x = \frac{p}{\cos. A}$

CAGNOLI, §. 206.

$$\text{BEWIJS. } x = \sqrt{p^2 + q^2} = p \sqrt{1 + \frac{q^2}{p^2}}$$

Maar

Maar  $\frac{1}{\cos. A} = \sec. A = \sqrt{1 + (\tan. A)^2}$ . (Voorst. XXXI.)

Zoo dan  $\tan. A = \frac{q}{p}$ : is  $x = p \times \sec. A = \frac{p}{\cos. A}$ .

#### XL. VOORSTEL.

Alle grootheden, die deze gedaante hebben,  $x = \sqrt{p^2 - q^2}$ , zijn van dien aard, dat zoo  $\cos. A = \frac{q}{p}$ ;

$x = p \cdot \sin. A$ ; of  $\sin. A = \frac{q}{p}$ : en  $x = p \cdot \cos. A$ .

CAGNOLI. §. 208.

BEWIJS  $x = \sqrt{p^2 - q^2} = p \sqrt{1 - \frac{q^2}{p^2}}$

Maar  $\sqrt{1 - (\sin. A)^2} = \cos. A$ ; of

$\sqrt{1 - (\cos. A)^2} = \sin. A$ : (Voorst. XVII. 1. Gev.)

dus, zoo  $\frac{q}{p} = \cos. A$ , is  $x = p \cdot \sin. A$ ; en

zoo  $\frac{q}{p} = \sin. A$ , is  $x = p \cdot \cos. A$ .

#### XLI. VOORSTEL.

Alle grootheden, die deze gedaante hebben,  $x = m \times \left( \frac{a \pm b}{a \mp b} \right)$  zijn zoodanig, dat zoo  $\tan. B = \frac{b}{a}$ ;  $x = m \times \tan. (45^\circ \pm B)$ .

CAGNOLI, §. 209.

BEWIJS.  $x = m \times \left( \frac{1 \pm \frac{b}{a}}{1 \mp \frac{b}{a}} \right)$ ; maar, (Voorst. XXXII. N°. 69.)

$\tan. (45^\circ \pm B) = \frac{1 \pm \tan. B}{1 \mp \tan. B}$ :

zoo dan  $\frac{b}{a} = \tan. B$ , is

$x = m \times \tan. (45^\circ \pm B)$ .

# NEGENDE BOEK.

## OVER DE DRIEHOEKS-METING.

### I N L E I D I N G.

#### I. BEPALING.

De *Driehoeks-meting*, of *Trigonometrie*, is de wetenschap welke ons leert, hoe men driehoeken moet meten, of de-  
zelfde *oplossen*.

St. VIII. Bep. 1. — L. G. Tr. §. 1.

I. AANMERKING. Wij zullen hier alleen handelen over de regt-  
lijnige driehoeks-meting, of kunst om de regtlijnige drie-  
hoeken op te lossen; welke kunst ook *platte driehoeks-me-  
ring* genoemd wordt, zoo wel om dat de regtlijnige drie-  
hoeken, wier zijden alle in één en het zelfde vlak lig-  
gen, *platte figuren* zijn, als om ze te onderscheiden van  
de *klootsche driehoeks-meting*, die de klootsche driehoe-  
ken tot onderwerp heeft, d. i., driehoeken wier zijden  
bogen zijn van cirkels op eenen klood beschreven, en die  
dus niet in één en het zelfde vlak zijn.

II. AANMERKING. Het geen men driehoeks-meting noemt, be-  
hoorde in de daad *driehoeks-rekening* genoemd te worden.  
Want die kunst bestaat in het berekenen der grootte van  
de onbekende zijden en hoeken; het geen in de Meetkun-  
de der Ouden niet te pas kwam; ook vindt men er geen  
spoor van in EUCLIDES: een hoek, eene lijn werd bij dien  
voor bekend gehouden, zoo dra dezelve in grootte gege-  
ven, of, uit hoofde van het overige der figuur, bepaald  
was: waarvan wij in de 2 Aanmerking op het XXXIII. Voor-  
stel van het XI. Boek, een aanmerkelijk voorbeeld zullen  
bijbrengen. Daar wij nu moeten *rekenen*, zullen wij van  
*multiplicatie* en *divisie van lijnen*, dat is, van *getallen wel-  
ke die lijnen uitdrukken*, spreken: even als wij zulks in  
de 1. Aanmerking op het XIX. Voorstel van het VII. Boek  
gedaan, en in de Aanmerking vóór het IX. Voorstel van het  
VIII. Boek breeder uitgelegd hebben.

#### II. BEPALING.

Men zegt dat men eenen driehoek *oplost*, wanneer men,  
twee hoeken en eene zijde, of twee zijden en een hoek,  
of

of de drie zijden eens driehoeks, bekend zijnde, de grootte van de onbekende deelen bepaalt: en het is de kennis van de regelen, welke men volgen moet, om tot zoodanige bepaling te komen, die het onderwerp van de driehoeks-meting, of, van de *Trigonometrie*, uitmaakt.

St. VIII. Bep. 1.

**I. AANMERKING.** De driehoeks-meting vooronderstelt dan, dat het gegevene genoegzaam is, om tot de kennis van het gevraagde te geraken; en gevolgelyk dat, zoodra die dingen, welke men opgeeft, bepaald zijn, al het overige het ook is; en dus, dat er geen twee driehoeken zijn kunnen, waarin het gegevene voor beide het zelfde is, en de overige deelen verschillende kunnen zijn. Het is om die reden dat wij in deze Bepaling niet van het geval gesproken hebben, waarin alléén de drie hoeken des driehoeks bekend zijn: want, al zijn deze in twee verschillende driehoeken gelijk, kunnen echter de zijden zeer verschillende zijn in grootte; de driehoeken zijn in dat geval alleen gelijkvormig, en niet gelijk: zoo als uit het IV. Boek genoegzaam blijkt: de onderlinge rede der zijden is dan alleen bestendig en gegeven, maar niet derzelver grootte.

Deze is derhalve de reden, waarom er in de driehoeks-meting maar drie algemeene gevallen plaats hebben: die, namelijk, welke wij in de Bepaling hebben opgeteld. Dat in het I en III. het gevraagde door het gegevene bepaald is, blijkt genoegzaam uit het XXI en XXVI. Voorstel van het I. Boek. Dit heeft ook plaats voor het II geval, doch met eenige onderscheiding; om dat het zelve twee ondergeschikte gevallen behelst: het eerste is, wanneer de gegeven hoek tuschen de twee gegeven zijden begrepen is; dat dan al het overige ook bepaald is, blijkt uit het XXI. Voorstel van het I. Boek: het andere is, wanneer de gegeven hoek over eene der zijden staat; en het blijkt uit het XXV. Voorstel van het I. Boek, dat dan al het overige ook bepaald is, mits men vooraf wete, of een der overige hoeken stomp zij, of niet: want laten, in figuur 68, de zijden AD en DC gegeven zijn, zoo als ook de hoek A: dan kunnen er twee driehoeken zijn, namelijk  $\triangle ACD$  en  $\triangle ABD$ , waarin het gegevene (t. w.  $\angle A$ , AD en CD, of  $BD = CD$ ) het zelfde is, doch die van elkander verschillen, om dat in den eenen de  $\angle ACD$  stomp, in den anderen de hoek B scherp is; het geen ook op de grootte van de derde zijde AC of AB, en van den derden hoek ADC of ADB, invloed heeft. Nogthans zijn die twee driehoeken zoo gesteld, dat de hoek ACD in den

eenen altijd het supplement is van den hoek B in den anderen: en daar een hoek den zelfden *sinus*, *cosinus*, enz. heeft als zijn supplement, (VIII. Bep. 3. Gev. 1. Bep. 4. Gev. 2. Bep. 5. en 6 Gev.) kan men uit eene berckening, die voor uitkomst den *sinus* van den gezochten hoek oplevert, niet weten of men den hoek, welke aan dien *sinus* in de Tafels beantwoordt, dan wel zijn supplement nemen moet: dit moet van elders, uit den aard namelijk van het Vraagstuk, bekend zijn.

II. AANMERKING. Men is gewoon de oplossing der regthoekige en die der scheefhoekige driehoeken afzonderlijk te behandelen: en, in de daad, die der regthoekige valt gemakkelijker, om dat er in dezelve altijd één hoek, de rechte hoek namelijk, gegeven is; waaruit verder volgt, dat de *sinus* van dien hoek gelijk is aan de eenheid, of aan den *radius*, en de scherpe hoek het complement van den anderen is.

III. AANMERKING. In dit Boek komt meer dan eens to pas het volgend Voorzetsel of

LEMMA.

Van twee grootheden  $[A, B]$  geeft de halve som  $\frac{[A+B]}{2}$

daar bij gevoegd het half verschil  $\frac{[A-B]}{2}$  de grootste  $[A]$ :

en het half verschil afgetrokken van de halve som geeft de kleinste  $[B]$ .

## I. A F D E E L I N G.

### OVER DE REGTHOEKIGE DRIEHOEKEN.

#### I. VOORSTEL. Fig. 172.

In alle regthoekige driehoeken CDI staat 1°. de *radius* tot den *sinus* van een' der scherpe hoeken  $[CDI, \text{ of } DCI]$  als de schuinsche zijde  $[CD]$  tot de regthoeks-zijde  $[CI, \text{ of } DI]$  welke over den gemelden hoek is; en 2°. de *radius* tot den *secant* van een' der scherpe hoeken  $[DCI \text{ of } CDI]$  als de zijde  $[CI \text{ of } DI]$  aan dien hoek grenzende, tot de *hypothenufa*, of schuinsche zijde.

St. VIII. 1. en 2. Gev. 2. — L. G. Tr. §. 42.

BE.

BEREIDING. Men stelle dat  $Cd$  de *radius* zij,  $gdb$  de cirkel met denzelven uit  $C$  beschreven, en  $di$ loodregt op  $Cb$ ,  $dh$  en  $DH$  op  $CG$  welke met  $CB$  eenen regten hoek  $GCB$  maakt.

BEWIJS. Voor het I. Uit de gelijkvormigheid der  $\Delta\Delta CDI$  en  $Cdi$ , de gelijkheid der  $\Delta\Delta HCD$  en  $DCI$ , en de 3. Bepaling, van het VIII. Boek.

BEWIJS. Voor het II. Om dat  $CD:CI = r: \sin. CDI$ ,

$$\text{is } CD:CI = \frac{r}{\sin. \angle CDI} = \frac{r^2}{\sin. \angle CDI: r} = \text{cosec.}$$

$\angle CDI: r$  (VIII. 31. Gev. 1.)  $= \sec. \angle DCI: r$ : of wel uit de gelijkvormigheid der  $\Delta\Delta CDI$  en  $Ceb$ .

I. AANMERKING. Dit Voorstel is eigenlijk een bijzonder geval van het III. Voorstel,

#### I. GEVOLG.

$$\begin{aligned} r: \cos. \angle CDI &= CD: DI \\ r: \cos. \angle DCI &= CD: CI. \end{aligned}$$

#### II. GEVOLG.

$$\begin{aligned} DI: CD &= r: \text{cosec. } \angle C = \sin. \angle C: r \} \text{VIII. 31.} \\ CI: CD &= r: \text{cosec. } \angle D = \sin. \angle D: r \} \text{Gev. 1.} \end{aligned}$$

II. AANMERKING. In de beste Tafels vindt men geen *secanten*: het is gevolgellijk beter dien regel altijd door de *sinussen* of *cosinussen* te berekenen.

#### III. GEVOLG.

$$\sin. \left( \frac{1}{2} D \right) = \frac{CD - DI}{2 CD} \text{ en } \sin. \left( \frac{1}{2} D \right) = \sqrt{\frac{CD - DI}{2 CD}}$$

CAGNOLI, §. 217.

BEWIJS. Uit Gev. 1: *dividendo*:

$$CD: CD - DI = 1: 1 - \cos. D, \text{ of (door VIII. 32. N}^{\circ}. 29.)$$

$$CD: CD - DI = 1: 2 \sin.^2 \left( \frac{1}{2} D \right), \text{ waaruit het gezegde volgt}$$

#### IV. GEVOLG.

$$\text{Tang.} \left( \frac{1}{2} D \right) = \frac{CD - DI}{CD + DI}$$

CAGNOLI, §. 217.

BEWIJS. Uit Gevolg 1. componendo en dividendo

$$\frac{CD + DI}{CD - DI} : \frac{CD - DI}{1 - \cos D} = \frac{1 + \cos D}{1 - \cos D} : 1$$

$$\text{en } \frac{CD + DI}{CD - DI} = \frac{1 + \cos D}{1 - \cos D} = \tan^2 \left( \frac{1}{2} D \right) \text{ [VIII. 32. N}^\circ \text{ 70].}$$

## II. VOORSTEL. Fig. 172.

In alle regthoekige driehoeken [CDI] staat de *radius* tot den *tangent* van een' der hoeken [C of D] als de zijde [CI of DI] aan dien hoek grenzende tot de zijde [DI of CI] welke over dien hoek staat.

St. VIII. 1. — L. G. Tr. §. 43.

BEREIDING. Als voor het vorige Voorstel: en zij *be* loodrecht op *Cb* en *GF* op *CG*.

BEWIJS. Uit de gelijkvormigheid der  $\Delta\Delta$  CDI en *Ceb*, de gelijkheid der  $\Delta\Delta$  CDI en HDC, en de 6. Bepaling van het VIII. Boek.

### GEVOLG.

Dus is ook:  $CI : DI = \text{radius} : \cotang. \angle D.$

$DI : CI = \text{radius} : \cotang. \angle C.$

### RÈGELS TER OPLOSSING VAN DE VIER GEVALLEN DIE IN DE REGTHOEKIGE DRIEHOEKEN PLAATS KUNNEN HEBBEN.

AANMERKING. Wanneer drie dingen in een' driehoek gegeven zijn, kan men altijd (behalven in de reeds te voren uitgezonderde gevallen) elk der drie overigen onmiddellijk, dat is, onafhankelijk van de twee anderen, kennen. Doch men kan ook, en dit is dikwerf gemakkelijker, eerst één derzelve en dan door dat reeds gevondene de overige vinden. Dus wordt in het II. der volgende gevallen de gezochte zijde gevonden, of onmiddellijk door de I. Oplossing (II. N<sup>o</sup>. 2.) welke uit II. 16. is afgeleid, of wel, gemakkelijker, door eerst den overstaanden hoek te zoeken en dan door II. N<sup>o</sup>. 1. Het zelfde geldt voor het IV. Geval.

#### I. GEVAL.

GEGEVEN. De *hypotenuza* en een der scherpe hoeken.

St. VIII. 2. Gev. 2. Reg. 4. — L. G. Tr. §. 49.

GEZOCHT. De beide regthoekszijden, en de andere hoek.

OPLOSSING.

- I. Overstaande zijde =  $\frac{\text{Hyp.} \times \sin. \text{gegev. hoek.}}{\text{Rad.}} \quad (\text{I. Voorst.})$   
 II. Aangrenzende zijde =  $\frac{\text{Hyp.} \times \cos. \text{gegev. hoek.}}{\text{Rad.}} \quad (\text{I. Voorst. Gev. I.})$   
 III. Gezochte hoek = *comp.* gegev. hoek.

II. GEVAL.

GEGEVEN. De hypotenuza en eene zijde.

GEZOCHT. De andere zijde, en de hoeken.

L. G. Tr. §. 51.

I. OPLOSSING.

- I. *sin.* tegenoverstaande hoek =  $\frac{\text{gegev. zijde} \times \text{Rad.}}{\text{Hypot.}} \quad (\text{I. Voorst.})$   
 of *cos.* aangrenz. hoek =  $\frac{\text{gegev. zijde} \times \text{Rad.}}{\text{Hypot.}} \quad (\text{I. Voorst. Gev. 1.})$   
 II. Gezochte zijde =  $\frac{\sin. \text{tegenoverst. hoek} \times \text{Hyp.}}{\text{Rad.}} \quad (\text{I. Voorst.})$   
 =  $\frac{\tan. \text{tegenoverst. hoek} \times \text{geg. zijde}}{\text{Rad.}} \quad (\text{II. Voorst.})$   
 of Gezochte zijde =  $\sqrt{\text{Hyp.}^2 - \text{geg. zijde}^2} \quad (\text{II. 16. G. 2.})$   
 =  $\sqrt{(\text{Hyp.} + \text{geg. zijde}) \times (\text{Hyp.} - \text{geg. zijde})} \quad (\text{II. 10.})$

OPLOSSING.

Voor den gezochten hoek.

$$\sin. \frac{1}{2} \text{ angr. hoek} = \sqrt{\frac{\text{Hypot.} - \text{geg. zijde}}{2 \cdot \text{Hyp.}}}$$

(I. Voorst. Gev. 3).

$$\tan. \frac{1}{2} \text{ angr. hoek} = \sqrt{\frac{\text{verschil Hyp. en geg. zijde}}{\text{som Hyp. en geg. zijde}}}$$

AANMERKING. Wanneer men tot *facit* van de rekening den *cosinus* van een' zeer kleinen, of den *sinus* van een' zeer grooten hoek krijgt, kan men door de gewoone tafels tot geest zeer groote nauwkeurigheid komen, om dat de *cosinus* of *sinus* dan voor eene vrij aanmerkelijke verande-



dering in den hoek te weinig veranderen: doch de *sinussen* van kleine hoeken veranderen integendeel zeer spoedig, en dus kunnen de hoeken waarvan zij *sinussen* zijn nauwkeuriger berekend worden; waarom men dan in dergelijke gevallen aan deze tweede oplossing de voorkeuze geven moet.

## III. GEVAL.

GEGEVEN. Eene regthoekszijde en een hoek.

GEZOCHT. De hypotenusa, de andere zijde, en de tweede hoek.

L. G. Tr, §. 52.

## OPLOSSING.

I. Gezochte hoek = *compl. geg. hoek.*

II. Hypotenusa =  $\frac{\text{geg. zijde} \times \text{Rad.}}{\cos. \text{ aangr. hoek.}}$

(Voorst. I. Gev. 1.)

=  $\frac{\text{gegeven. zijde} \times \text{Rad.}}{\sin. \text{ tegenov. hoek.}}$

(I. Voorst.)

=  $\frac{\text{geg. zijde} \times \sec. \text{ aangr. h.}}{\text{Rad. (I. Voorst.)}}$

=  $\frac{\text{geg. zijde} \times \csc. \text{ tegenov. h.}}{\text{Rad.}}$

(I. Voorst. Gev. 2.)

III. Gezochte zijde =  $\frac{\text{geg. zijde} \times \tan. \text{ aangr. h.}}{\text{Rad.}}$

=  $\frac{\text{geg. zijde} \times \cot. \text{ tegenov. h.}}{\text{Rad. (II. Voorst. Gev.)}}$

## IV. GEVAL.

GEGEVEN. De twee regthoekszijden.

GEZOCHT. De hoeken, en de hypotenusa,

St, VIII. 1. Reg. 1, 2. — L. G. Tr. §. 50.

## OPLOSSING.

I. *cos.* gez. hoek =  $\frac{\text{aangrenz. zijde} \times \text{Rad.}}{\text{tegenoverst. zijde.}}$

(II. Voorst. Gev.)

of *tang.* gez. hoek =  $\frac{\text{tegenov. zijde} \times \text{Rad.}}{\text{aangrenzende zijde.}}$

(II. Voorstel).

II.

$$\begin{aligned}
 \text{II. Hypotenusa} &= \frac{\text{zijde} \times \text{Rad.}}{\sin. \text{ tegenoverst. hoek.}} \\
 &\quad (\text{I. Voorstel}). \\
 &= \frac{\text{zijde} \times \text{Rad.}}{\cos. \text{ aangr. hoek.}} \\
 &\quad (\text{I. Voorst. Gev. 1.}) \\
 &= \frac{\text{zijde} \times \cos. \text{ tegenoverst. hoek.}}{\text{Rad.}} \quad (\text{I. Voorst. Gev. 2.}) \\
 &= \frac{\text{zijde} \times \sec. \text{ aangr. hoek.}}{\text{Rad.}} \quad (\text{I. Voorstel}).
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{III. Hypotenusa} &= \sqrt{\text{eene zijde}^2 + \text{andere zijde}^2} \\
 &\quad (\text{II. 16.}) \\
 &= \text{eene zijde} \sqrt{1 + \left( \frac{\text{andere zijde}}{\text{eene zijde}} \right)^2}
 \end{aligned}$$

I. AANMERKING. Wanneer men, dat verre het gemakkelijkst is, den *radius* gelijk aan één stelt, moet men daarop in het gebruik der *sinus-tafels* letten: men moet namelijk alle *sinussen*, *cosinussen*, de *tangenten* tot  $45^\circ$  toe, en de *cotangenten* boven de  $45^\circ$ , als breuken aanmerken, en dus, indien men door de logarithmen werkt, overal 10 van het karakter in het *facit* afstrekken, wanneer het *facit* de *logarithmus* is eener gezochte zijde.

II. AANMERKING. Wanneer men met logarithmen werkt, zoo als men altijd in de praktijk doet, wordt de rekening korter, met, in plaats van een' *logarithmus* afstrekken, zoo als in het II, III en IV. geval, zijn *arithmetisch complement* bijtevoegen. Insgelijks, wanneer men door logarithmen werkt, moet men altijd in het II. en IV. geval, de tweede uitdrukking van N°. III. gebruiken, die gemakkelijker te berekenen is.

OPLOSSING DOOR DE GUNTER'S SCHAAL. Wij hebben in het VIII. Boek, Afd. III. N°. II. den aard van de zoogenoemde GUNTER'S of *Logarithmen-schaal* uitgelegd, en aangetoond hoe men dezelve gebruiken moet. Het is klaarblijkelijk dat men de vier gevallen, hier gemeld, ook door de zelve kan oplossen: want, men heeft in het

$$\begin{aligned}
 \text{I. GEVAL. } \text{Log. Hyp.} - \text{Log. overst. zijde} &= \\
 &\quad \text{Log. rad.} - \text{Log. sin. gegev. hoek.} \\
 \text{Log. Hyp.} - \text{Log. aangr. zijde} &= \\
 &\quad \text{Log. rad.} - \text{Log. cos. gegev. hoek.}
 \end{aligned}$$

II. GEVAL. *Log. Hyp.* — *Log. geg. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. sin. tegenovergest. hoek.*  
*Log. Hyp.* — *Log. gez. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. sin. tegenovergest. hoek.*  
*Log. geg. zijde* — *Log. gez. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. tang. tegenovergest. hoek.*

III. GEVAL. *Log. Hyp.* — *Log. geg. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. cos. aangr. hoek.*  
                   = *Log. rad.* — *Log. sin. tegenovergest. hoek.*  
*Log. geg. zijde* — *Log. gez. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. tang. aangr. hoek.*

IV. GEVAL. *Log. aangr. zijde* — *Log. tegenov. zijde* =  
                   *Log. cot. gez. hoek* — *Log. rad.*  
*Log. Hyp.* — *Log. zijde* =  
                   *Log. rad.* — *Log. sin. tegenovergest. hoek.*  
                   = *Log. rad.* — *Log. cos. aangr. hoek.*

III. AANMERKING. Het is door middel van de oplossing van regthoekige driehoeken, dat men berekent, in de Landmeetkunst, de hoogte van voorwerpen, enz.; en in de Stuurmanskunst al wat den koers, de verheid, en de bekomene lengte en breedte betreft, gelijk door voorbeelden blijken zal.

Men heeft zelfs, om alles voor de zeelieden gemakkelijk te maken, de zijden der regthoekige driehoeken, voor bepaalde lengten der schuinsche zijden, en voor alle hoeken des *quadrants* berekend, en in Tafels gebragt: waaruit de zoogenaamde *Streektafels* geboren worden, welke men in boeken over de Stuurmanskunst aantreft: en waarvan de beste en nuttigste zijn die van DOUWES, te vinden in zijne *Zee-manstafels*.

Daarenboven vindt men nog op de pleinschalen van Engelsch maaksel eene lijn getijld *Long*, of *Longitude*, ook wel M. L. (*Miles-Longitude*), waardoor men op het gezigt, of met een' passer, het zelfde verrigt. Te weten, die lijn staat in verband met eene lijn van *choorden*, of met eene van *Rhumbs*, en men gebruikt deze of gene naar mate de koers in streken, of in graden is uitgedrukt: de *verheid*, of schuinsche zijde des driehoeks, wordt voorondersteld 60 te zijn. Men neemt met den passer op de lijn der choorden, of der *Rhumbs*, den hoek die den koers aanduidt, van den meridiaan afterekenen; stelt de eene punt op 60' op de lijn *Longit.* of M. L.: de andere wijst de veranderde breedte aan, of de zijde des driehoeks aan den gemelden hoek grenzende, stellende 60 voor de schuinsche zijde, of

of voor de gezelde verheid; vervolgens neemt men met den passer den hoek die het complément is des voorgaanden, handelt op de zelfde wijze: de tweede punt des passers wijst de andere zijde des driehoeks aan, of hier de *afwijking* van den meridiaan.

Die zelfde schaal dient nog tot een ander oogmerk, waarvan wij in XII. Bep. 11. Aanm. 2. spreken zullen.

## II. AFDEELING.

### OVER DE SCHREEFHOEKIGE DRIEHOEKEN.

#### III. VOORSTEL. Fig. 179.

In alle driehoeken  $[ABC]$  staan de zijden tot elkander zoo als de *sinussen* der tegenovergestelde hoeken: dat is

$$\begin{aligned} AB:BC &= \sin. \angle C: \sin. \angle BAC: \\ AC:BC &= \sin. \angle ABC: \sin. \angle BAC: \\ AC:AB &= \sin. \angle ABC: \sin. \angle C. \end{aligned}$$

St. VIII. 2. — L. G. Tr. §. 44.

BERFIDING. Stel  $AH$  loodregt op  $BC$ , en  $BE$  op  $AC$ .

BEWIJS. Uit het I. Voorstel: en III. 11.

I. AANMERKING. Indien de  $\Delta ABC$  regthoekig was, bij voorbeeld in  $A$ : hadt men

$$AC:BC = \sin. \angle ABC: \sin. \angle C: \text{dat is}$$

$AC:BC = \sin. \angle ABC: \text{rad.}$  het geen het I. Voorstel oplevert, het welk dus maar een bijzonder geval van dit meer algemeene Voorstel is.

II. AANMERKING. Ook het tweede Voorstel wordt zeer gemakkelijk uit dit afgeleid. Zoo  $\angle A = L$

$$\begin{aligned} AB:AC &= \sin. \angle C: \sin. \angle B \\ &= \cos. \angle B: \sin. \angle B \\ &= 1: \frac{\sin. \angle B}{\cos. \angle B} \end{aligned}$$

$$= 1: \text{tang. } B. \text{ (VIII. 25).}$$

III. AANMERKING. Indien een der hoeken, bij v.  $\angle CAB$ , stomp is, zoude men eigenlijk in plaats van  $\sin. \angle CAB$  hebben  $\sin. \text{suppl. } \angle CAB$ ; doch wij hebben in de III. Bepaling van het VIII. Boek,

3. Gevolg, gezien, dat het supplement eens hoeks den zelfden maat heeft als de hoek zelve: en wil men zulks uit dit Voorstel bewezen hebben, men beschouwe Fig. 22; aldaar is

$\triangle DAB \sim \triangle HCD$  en dus

$$AD:DC = AB:CH:$$

Maar in  $\triangle CAB$  is

$$AB:CA = \sin. \angle ACB: \text{rad.}$$

en in  $\triangle CAH$  is

$$CH:CA = \sin. \angle CAH: \text{rad.}$$

dus (III. 17.)

$$AB:CH = \sin. \angle ACB: \sin. \angle CAD:$$

en dus

$$AD:DC = \sin. \angle ACD: \sin. \angle CAD;$$

Maar in  $\triangle ACD$ : is  $AD:DC = \sin. \angle ACD: \sin. \angle CAD$ ; derhalve  $\sin. \angle ACB: \sin. \angle CAD = \sin. \angle ACD: \sin. \angle CAD$  en  $\sin. \angle ACB = \sin. \angle ACD$ : dat is,  $\sin. \text{suppl. } \angle ACD = \sin. \angle ACD$ .

IV. AANMERKING. Dit Voorstel dient om de zijden eens driehoeks te vinden, wanneer eene derzelve en de hoeken gegeven zijn: of om de derde zijde te vinden, wanneer er twee zijden, en een hoek, over eene derzelve gesteld, gegeven zijn; doch men lette in dat geval op het geen wij in de eerste Aanmerking op de II. Bepaling, over den aard dier onbekende hoeken gezegd hebben. Wij zullen de toepassing van dit Voorstel in de oplossing van het I. en II. geval zien.

#### IV. VOORSTEL. Fig. 180.

In alle ongelijkzijdige driehoeken  $[OAB]$ , staat de som van twee zijden  $[BC + AB]$  tot derzelve verschil  $[BC - AB]$  als de *tangent* van de halve som der hoeken  $[A + C]$  over die twee zijden gesteld, tot den *tangent* van derzelve half verschil  $[A - C]$ .

St. VIII. 3. — L. G. Tr. §. 47.

BEREIDING. Trek uit den hoek B, tuschen de beide bewuste zijden begrepen, als middelpunt, en met de kleinste der gegeven zijden BA als *radius*, eenen cirkel ADE. Verleng CB in E, trek door E en A, EA, en laat CF  $\perp$  op EA zijn; CF valt binnen, of buiten, den driehoek, naar mate  $\angle CAE$  scherp of stomp is. Trek DA.

BEWIJS. Men bewijst eerst dat  $CE = BC + AB$  en  $CD = BC - AB$ .

2°. Dat  $\angle ECE = \angle ADE$  (I. Boek, Bep. 10)  $= \frac{1}{2} \angle ABE$  (V. 5.)  $= \frac{1}{2} [\angle CAB + \angle ACB]$  (I. 15.).

3°. Dat gevolgelyk  $\frac{1}{2} [\angle CAB + \angle ACB] - \angle ACB$  of

$$\text{of } \frac{1}{2} [\angle CAB - \angle ACB] = \frac{1}{2} \angle EOF - \frac{1}{2} \angle ACB = \frac{1}{2} \angle FCA.$$

Uit dit alles maakt men vervolgens, met het II. Voorstel op de driehoeken FCE, en FCA toetepassen, door III. en de gelijkvormigheid der  $\Delta\Delta$  AED en EFC, het besluit op.

### I. GEVOLG.

Daar dan  $AB + BC : BC - AB = \text{tang. } \frac{1}{2} [A + C] : \text{tang. } \frac{1}{2} [A - C]$  en  $\angle A + \angle C = \text{supplem. } \angle B$ , volgt  
 1<sup>o</sup>. dat zoo hoek B bekend is,  $\angle A + \angle C$  het ook is: en gevolgelyk, 2<sup>o</sup>. dat, zoo AB en BC bekend zijn, men  $\text{tang. } \frac{1}{2} [\angle A - \angle C]$  vinden kan; waartuit de bepaling der hoeken A, en C volgt, door het *Lemma*, bl. 382. ~~Wanneer de grootste hoek A =~~  $\frac{1}{2} [\angle A + \angle C] + \frac{1}{2} [\angle A - \angle C]$ : en de kleinste  $\angle C = \frac{1}{2} [\angle A + \angle C] - \frac{1}{2} [\angle A - \angle C]$ . Dus dient dit Voorstel eigenaartig, om eenen driehoek op te lossen, waarin twee zijden, en de hoek tuschen dezelve begrepen, bekend zijn; gelijk wij in de oplossing van het III. Geval zien zullen.

I. AANMERKING. Dit Voorstel heeft alleen plaats voor ongelijkzijdige driehoeken, doch niet voor gelijkzijdige, vermits als dan  $BC - AB = 0$ , zoo als ook het verschil van twee hoeken: het heeft ook geen plaats voor gelijkbeenige driehoeken in het algemeen: want (Fig. 34) wanneer de gegeven hoek ABC tuschen de gelijke beenen AB en BC staat: is  $BC - AB = 0$  en  $\angle A - \angle C = 0$ ; dus geldt dit Voorstel als dan niet: maar het zoude kunnen gelden, indien een der hoeken op de grondlijn BAC, of ACB, met de grondlijn AC, en een der beenen BC gegeven was; doch dan is het onnuttig, vermits als dan ook het tweede been en de derde hoek gegeven zijn, d. i. vermits er als dan niets in den driehoek onbekend is.

II. AANMERKING. Wanneer dan in een gelijkbeenigen driehoek KBH (Fig. 79.), de beide beenen en de hoek KBH, tuschen dezelve begrepen, bekend zijn; laat men uit B eene loodlijn BI neder: daar deze den  $\angle KBH$  en de grondlijn KH in twee gelijke deelen snijdt, is  $\angle KBI$  bekend, en dus, door oplossing van den rechthoekigen driehoek KBI, vindt men gemakkelijk KI, waarvan het dubbel is KH: dat is:

$$\text{rad. : of. } \frac{1}{2} \angle KBH = KH : \frac{1}{2} KH$$

of,

of, wat nog veel gemakkelijker is, - daar alle de hoeken van een gelijkbeenigen driehoek bekend zijn wanneer er een bekend is, vindt men de derde zijde door het vierde Voorstel.

## II. GEVOLG. Fig. 180.

$$\text{Daar } \angle A + \angle C = 180^\circ - \angle B$$

$$\text{is } \frac{\angle A + \angle C}{2} = 90^\circ - \frac{1}{2} \angle B:$$

$$\text{of } \frac{\angle A + \angle C}{2} = \text{Comp. } \frac{1}{2} \angle B:$$

das

*Tang.*  $\frac{1}{2} [\angle A + \angle C] = \text{cot. } \frac{1}{2} \angle B$ : waar door het Voorstel wordt

$$BC + AB : BC - AB = \text{cot. } \frac{1}{2} \angle B : \text{tang. } \frac{1}{2} [\angle A - \angle C]$$

en derhalve wordt ook de grootste hoek  $A = \text{comp. } \frac{1}{2} \angle B + \frac{1}{2}$  gevonden verschil:

en de kleinste  $= \text{comp. } \frac{1}{2} \angle B - \frac{1}{2}$  gevonden verschil.

## III. GEVOLG.

$$BC - AB : BC + AB = \text{tang. } \frac{1}{2} B : \text{cot. } \frac{1}{2} [A - C].$$

(VIII. 26. Gev. 1.) en dus.

$$\text{cot. } \frac{1}{2} [A - C] = \text{tang. } [\frac{1}{2} B] \times \left( \frac{BC + AB}{BC - AB} \right)$$

$$\text{of } \text{cot. } \frac{1}{2} [A - C] = \text{tang. } [\frac{1}{2} B] \times \left( \frac{1 + \frac{AB}{BC}}{1 - \frac{AB}{BC}} \right).$$

III. AANMERKING. Men behoeft dan om die hoeken te vinden de grootte der gegeven zijden niet te kennen: het is genoeg

dat derzelver rede  $\frac{AB}{BC}$  bekend zij.

## IV. GEVOLG.

Indien men in het III. Gevolg stelt  $\frac{AB}{BC} = \text{tang. } a$ : is

$$\text{cot. } \frac{1}{2} [A - C] = \text{tang. } \frac{1}{2} B \times \left( \frac{1 + \text{tang. } a}{1 - \text{tang. } a} \right) = \text{tang.}$$

$$\frac{1}{2} B \times \text{tang. } [45^\circ + a]. \text{ VIII. 32. N}^\circ. 68.$$

V.

V. VOORSTEL. Fig. 181.

In alle ongelijkzijdige driehoeken staat, de grootste zijde  $[AC]$  tot de som der twee overige  $[BC + AB]$ , als derzelver verschil  $[BC - AB]$  tot het verschil der stukken  $[EC - AE]$ , die op de grootste zijde gevormd worden door de loodlijn, uit den top des tegenoverstaanden hoeks  $[B]$  nedergelaten.

St. VIII. 4. — L. G. Tr. §. 47.

BEREIDING. Zij  $BE \perp$  op  $AC$ : Trek, uit  $B$  als middelpunt en met  $AB$ , de kleinste zijde, als *radius*, eenen cirkel  $ADFG$ , die  $AC$  en  $BC$  in  $D$  en  $F$  snijdt. Verleng  $CB$  tot in  $G$ , trek  $BD$ . Dan is  $AE = ED$ ;  $GC = BC + AB$ ;  $FC = BC - AB$ ; en  $DC = EC - ED = EC - AE$ .

BEWIJS. Uit V. 17 het 1 Gevolg.

I. AANMERKING. Dit kan veel eenvoudiger, en zonder eenige bereiding bewezen worden: en dit bewijs ben ik aan den Heer REHUEL LOBATTO verschuldigd. Immers (II. 16. Gev. 4.) is  $\overline{AB}^2 - \overline{AE}^2 = \overline{BC}^2 - \overline{CE}^2$ : waaruit  $\overline{BC}^2 - \overline{AB}^2 = \overline{CE}^2 - \overline{AE}^2$ : d. i. (II. 10.)  $[AB + BC] \times [BC - AB] = [CE + AE] \times [CE - AE]$ . Maar  $CE + AE = AC$ : gevolglijk  $AC: BC + AB = BC - AB: EC - AE$ .

GEVOLG.

Daar dan

$$AC: BC + AB = BC - AB: EC - AE:$$

volgt het, dat men, als  $AC$ ,  $AB$ ,  $BC$  gegeven zijn,  $EC - AE$  vinden kan: en daaruit zijn  $EC$  en  $AE$  afzonderlijk bekend; want

$EC + AE = AC$  is bekend: maar

$$EC = \frac{[EC + AE] + [EC - AE]}{2} \text{ en}$$

$$AE = \frac{[EC + AE] - [EC - AE]}{2}. \quad (\text{Lemma}$$

van dit Boek).

Wanneer nu  $AE$  en  $EC$  bekend zijn, vindt men, door het I. Voorstel, in de regthoekige driehoeken  $ABE$  en  $CBE$ , de hoeken  $A$ , en  $C$ : waaruit de hoeken  $ABE$ ,  $Ce$   $CBE$ ,



CBE, en ABC volgen: zoo dat men door dit Voorstel, als voorbereiding ter bepaling der stukken AE en EC, en voorts door het I. Voorstel, de hoeken eens driehoeks, waarvan de drie zijden gegeven zijn, vinden kan.

II. AANMERKING. Om de zelfde reden, die wij in de 1. Aanmerking op het voorgaande Voorstel gemaakt hebben, is dit Voorstel niet toepasselijk op de gelijkbeenige driehoeken, wanneer de grondlijn AC de grootste zijde is, noch ook op de gelijkzijdige: maar in eenen gelijkzijdigen driehoek zijn de hoeken van zelve bekend (I. 27. Gev. 3.) en in eenen gelijkbeenigen, daar de loodlijn [BI: fig. 34.] den tophoek en de grondlijn in twee gelijke deelen snijdt, zijn de hoeken door de oplossing van eenen regthoekigen driehoek ABK te vinden: want:

$$AB : \frac{1}{2} AC \text{ [of AI]} = \text{rad.} : \text{cos. } \angle A, \text{ of tot sinus } \frac{1}{2} \angle ABC.$$

#### VI. VOORSTEL. Fig. 66.

In alle driehoeken staat de *radius* tot den *cosinus* van een der hoeken, als de dubbelde regthoek der zijden welke dien hoek bevatten tot het verschil tusschen de som van de vierkanten dier zelfde zijde, en het vierkant van de derde zijde; d. i.

$$1 : \text{cos. } \angle BCA = 2 AC \cdot BC : [\overline{BC^2} + \overline{AC^2}] - \overline{BA^2}.$$

L. G. Tr. §. 45.

BEWIJS. De loodlijn BD neergelaten zijnde, is uit II. 19:  $\overline{BA^2} = \overline{BC^2} + \overline{AC^2} + 2 AC \cdot CD$ ; maar, indien men in  $\triangle BCD$ , BC tot *radius* aanneemt, is BD de *sinus* van den  $\angle BCD$ , en CD deszelfs *cosinus*: derhalve  $1 : BC = \text{cos. } \angle BCD : CD$  en  $CD = BC \times \text{Cos. } BCD$ ; maar  $\text{cos. } \angle BCD = + \text{cos. } \angle BCA$ , maar mate  $\angle BCA$  stomp of scherp is (VIII. Bep 4. Gev. 2.) gevolgelyk  $\overline{BA^2} = \overline{BC^2} + \overline{AC^2} + 2 AC \times (+ BC) \text{ cos. } BCA$ : dat is, in alle gevallen,  $\overline{BA^2} = \overline{BC^2} + \overline{AC^2} + 2 AC \cdot BC \cdot \text{cos. } \angle BCA$ : of  $2 AC \cdot BC \text{ cos. } \angle BCA = (\overline{BC^2} + \overline{AC^2}) - \overline{BA^2}$ : waaruit het Voorstel volgt.

I. AANMERKING. Dit Voorstel, het welk geheel op II. 19. steunt, kan beschouwd worden als de geheele driehoeksmeting in zich bevattende: immers indien men, kortheids halve, de drie zijden eens driehoeks door de letters *a*, *b*, *c*, uitdrukt, en de hoeken welke over dezelve staan door gelijknamige letters A, B, C; geeft dit voorstel dit

I. GEVOLG.

$$1. \text{Cof. } A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$2. \text{Cof. } B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$3. \text{Cof. } C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

II. AANMERKING. Het is op deze formules dat de Heer RUISSANT gevestigd heeft al wat hij van de driehoeks-meting zegt in zijn uitmuntend werk *Traité de Géodésie*.

III. AANMERKING. Indien  $\angle A = L$ , is  $\text{cof. } A = 0$  en  $a^2 = b^2 + c^2$ ; het geen het *Theorema* van PYTHAGORAS oplevert: stellende die waardij in de twee overige formules: komt  $\text{cof. } B = \frac{b}{c}$ ,  $\text{cof. } C = \frac{c}{b}$  en  $\text{sin. } B = \text{cof. } C = \frac{b}{c}$ : derhalve  $1 : \text{sin. } B = a : b$  dat ons eerste Voorstel is: verder  $\frac{1}{\text{cof. } B} = \text{sec. } B = \frac{c}{b}$  of  $1 : \text{sec. } B = a : c$  dat het tweede gedeelte is van ons eerste Voorstel: eindelijk  $\frac{\text{sin. } B}{\text{cof. } B} = \text{tang. } B = \frac{b}{c}$ ; dat is  $1 : \text{tang. } B = c : b$  het geen ons tweede Voorstel oplevert.

II. GEVOLG.

$$\text{Sin. } A = \frac{a \sqrt{2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4}}{2abc}$$

$$\text{BEWIJS. Sin.}^2(A) = 1 - \text{cof.}^2(A) = 1 - \frac{(b^2 + c^2 - a^2)^2}{(2bc)^2}$$

$$= \frac{4a^2b^2c^2 - a^2(b^2 - c^2 - a^2)^2}{4a^2b^2c^2} : \text{en derhalve}$$

$$\text{Sin. } A = \frac{a \sqrt{4b^2c^2 - (b^2 + c^2 - a^2)^2}}{2abc}$$

$$\frac{a \sqrt{2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4}}{2abc}$$

IV. AANMERKING. Men vergelijke hier mede de uitdrukkingen in het Gevolg van het VIII. Voorstel, en in de Aanmerking op het IX. Voorstel gegeven.

V. AANMERKING. Men stelde, gemakshalve, voor het *radicaal* dat in het II. Gevolg voorkomt, en uit bekende grootheden bestaat,  $\sqrt{D}$ ; derhalve  $\sin. A = \frac{a \sqrt{D}}{2abc}$ : en insgelijks  $\sin. B = \frac{b \sqrt{D}}{2abc}$ , en  $\sin. C = \frac{c \sqrt{D}}{2abc}$ : waaruit volgt  $\sin. A : \sin. B : \sin. C = a : b : c$ : het geen ons III. Voorstel oplevert.

VI AANMERKING. Uit  $\sin. A : \sin. C = a : c$  volgt *componendo* en *dividendo*,  $\sin. A + \sin. C : \sin. A - \sin. C = a + c : a - c$  en

$$\frac{\sin. A + \sin. C}{\sin. A - \sin. C} = \frac{a + c}{a - c} \text{ en dus uit VIII. 32. N}^{\circ} \text{ 82.}$$

$$\frac{\text{tang. } \frac{1}{2}(A + C)}{\text{tang. } \frac{1}{2}(A - C)} = \frac{a + c}{a - c} \text{ of:}$$

$a + c : a - c = \text{tang. } \frac{1}{2}(A + C) : \text{tang. } \frac{1}{2}(A - C)$ . Dat ons IV. Voorstel is.

Alle de hoofd-voorstellen van de driehoeks-meting worden derhalve uit dit VI. Voorstel *algebraisch* afgeleid: maar het blijkt tevens hoe veel de *geometrische* bewijstrant eenvoudiger en wezenlijk fraaijer is, hoewel ook de *algebraische* in andere opzichten zijn nut heeft, en verdient gekend te worden.

### III. GEVOLG.

$$\sin. \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{\left[\frac{a+b+c}{2} - b\right] \times \left[\frac{a+b+c}{2} - c\right]}}{bc}.$$

BEWIJS. Uit VIII. 32. N<sup>o</sup>. 29. is  $\sin. \frac{1}{2} A = \frac{1 - \cos. A}{2}$  derhalve uit Gev. I. is

$$\begin{aligned} \sin.^2 \left(\frac{1}{2} A\right) &= \frac{2bc - b^2 - c^2 + a^2}{4bc} = \frac{a^2 - (b^2 - 2bc + c^2)}{4bc} \\ &= \frac{a^2 - (b - c)^2}{4bc} \\ &= \left(\frac{a + b - c}{2}\right) \times \left(\frac{a - b + c}{2}\right) \\ &= \frac{\left[\left(\frac{a + b + c}{2} - c\right) \times \left(\frac{a + b + c}{2} - b\right)\right]}{bc}. \end{aligned}$$

waaruit het gestelde volgt.

VII. AANMERKING. Dit geeft een middel op om, wanneer drie zijden gegeven zijn, den hoek te vinden welke tusschen twee derzelve begrepen is: tusschen die namelijk welke van de halve som der zijden worden afgetrokken.

IV.

IV. GEVOLG.

$$\cos. \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{\left(\frac{b+c+a}{2}\right) \times \left(\frac{b+c-a}{2}\right)}}{bc}$$

BEWIJS. Uit VIII. 32. N°. 30. is  $\cos.^2 (\frac{1}{2} A) = \frac{1 + \cos. A}{2}$

en gevolgelyk hier uit het I. Gevolg.

$$\cos.^2 (\frac{1}{2} A) = \frac{2bc - a^2 + b^2 + c^2}{4bc} = \frac{(b+c)^2 - a^2}{4bc} =$$

$$\frac{\frac{1}{2}(b+c+a) \times \frac{1}{2}(b+c-a)}{bc} : \text{waaruit het gestelde volgt.}$$

VIII. AANMERKING. Men kan derhalve, de drie zijden gegeven zijnde, den hoek A door deszelfs *cosinus* vinden.

IX. AANMERKING. De oplossingen in het derde en vierde Gevolg gegeven, hebben dit voordeel, dat  $\frac{1}{2} A$  altijd kleiner is dan  $90^\circ$ : en men derhalve altijd voor den hoek dat getal neemt, het welk in de Tafels naast den gevonden *sinus* of *cosinus* staat; zonder dat men behoefte nategaan, (het geen voor *sin. A* en *cos. A* dikwerf het geval is) of men den hoek die naast den gevonden *sinus* of *cosinus* staat, dan wel zijn *supplement*, nemen moet.

V. GEVOLG.

$$a = \sqrt{(b-c)^2 + 4bc \sin.^2 (\frac{1}{2} A)}.$$

BEWIJS. Uit het eerste Gevolg is

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos. A:$$

en uit VIII. 34. N°. III.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc [1 - 2 \sin.^2 (\frac{1}{2} A)]:$$

derhalve

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc + 4bc \sin.^2 (\frac{1}{2} A) =$$

$$(b-c)^2 + 4bc \sin.^2 (\frac{1}{2} A) \text{ waaruit het gestelde volgt.}$$

X. AANMERKING. Men kan derhalve, zonder eerst de hoeken te bepalen, de derde zijde vinden van een driehoek, waarin twee zijden en de tusschen dezelve begrepen hoek gegeven zijn.

VII. VOORSTEL. Fig. 66.

In alle driehoeken, staat de regthoek uit eene zijde [BC] en den *sinus* van den aangrenzenden hoek [BCD], tot de som of het verschil der regthoeken uit de zelfde zijde en den *co-*  
C c 3 *si-*

## III. GEVAL.

**GEGEVEN.** Twee zijden: en de hoek tusſchen dezel-  
ve begrepen.

**GEZOCHT.** I. De twee overige hoeken.  
II. De derde zijde.

St. VIII. 3. Gev. 4. — L. G. Tr. §. 55.

## I. OPLOSSING.

I. *Tang.*  $\frac{1}{2}$  verſchil der gezochte hoeken =

$$\text{Cot. } \frac{1}{2} \text{ gegev. hoek} \times \frac{\text{verſch. gegev. zijden}}{\text{ſom. gegev. zijden.}}$$

Grootſte der gez. hoeken = Compl.  $\frac{1}{2}$  geg. hoek +  $\frac{1}{2}$  verſchil.

Kleinſte der gez. hoeken = Compl.  $\frac{1}{2}$  geg. hoek -  $\frac{1}{2}$  verſchil.

(IV. Voorſt. en deſzelfs 2 Gevolg).

II. De hoeken dus bekend zijnde, zoekt men de derde zij-  
de door het I. Geval: namelijk

$$\text{Derde zijde} = \frac{\sin \text{ overſtaanden hoek} \times \text{gegev. zijde}}{\sin \text{ hoek over de gegev. zijde.}}$$

## II. OPLOSSING.

Men zoeken in de Tafels den hoek  $[a]$  waarvan de *tangens*  
uitgedrukt wordt door de grootſte der gegeven zijden, ge-

divideerd door de kleinſte: dat is zij  $\text{tang. } a = \frac{AB}{BC}$ : dan is

$\text{cot. } \frac{1}{2}$  verſchil der gegeven hoeken =  $\text{tang. } \frac{1}{2}$  gegeven hoek  $\times$   
 $\text{tang. } [45^\circ + a]$  (uit IV. Gev. 4).

CAGNOLI §. 230.

**AANMERKING.** Deze Oploſſing komt in de Sterrekunde te  
pas: en doet tevens zien dat het, om de hoeken te bepa-  
len, niet noodig is de eigenlijke hoegrootheid der zijden  
van den driehoek te kennen; maar dat de rede derzelve te  
weten daartoe genoegzaam is.

## III. OPLOSSING.

*Tang.* gezochten hoek =

tegenoverſt. zijde  $\times \sin.$  gegev. hoek

tweede gegev. zijde  $\mp$  tegenoverſt. zijde  $\times \cos.$  geg. hoek,  
(Voorſt. VII.)

namelijk —, zoo de gegeven hoek ſcherp; +, zoo hij ſtomp is

CAGNOLI §. 229.

**AANMERKING.** Deze Oploſſing dient alleen voor de hoeken.  
IV.

IV. OPLOSSING.

Voor gezochte zijde

$$\text{Zij tang. } d = \frac{2 \sin. \frac{1}{2} \text{ geg. hoek}}{\text{verschil gev. zijden}} \times \sqrt{\text{prod. der geg. zijden}}$$

dan is

$$\text{gezochte zijde} = \frac{\text{verschil gegev. zijden}}{\cos. d}.$$

CAGNOLI. §. 227, 228.

BEWIJS. Uit VI. Gev. 5. is

$$a^2 = \sqrt{b^2 - c^2 + 4bc \sin^2 (\frac{1}{2} A)}:$$

$$\text{derhalve zoo tang. } d = \frac{2 \sin. (\frac{1}{2} A) \times \sqrt{bc}}{b - c}:$$

$$\text{is VIII. 39. is } a = \frac{b - c}{\cos. d}.$$

AANMERKING. Door deze Oplossing vindt men de gevraagde zijde, zonder alvorens de hoeken gevonden te hebben.

IV. GEVAL. Fig. 181.

GEGEVEN. De drie zijden.

GEZOCHT. De drie hoeken.

St. VIII. 5,

I. OPLOSSING.

Men laat op de grootste zijde eene loodlijn uit den tegenovergestelden hoek vallen: waaruit (I. 16.) volgt dat die lijn altijd binnen den driehoek valt, en de grondlijn in twee stukken deelt.

$$\text{I. Verschil der stukken van de grondlijn} = \frac{\text{som der zijden} \times \text{verschil der zijden}}{\text{grondlijn}} \quad (\text{V. Voorstel})$$

dus

$$\text{grootste stuk} = \frac{1}{2} (\text{grondlijn} + \text{verschil der stukken})$$

$$\text{kleinste stuk} = \frac{1}{2} (\text{grondlijn} - \text{verschil der stukken})$$

$$\text{II. Cos. hoek op de grondlijn} = \frac{\text{aangrenzend stuk} \times \text{Rad.}}{\text{aangrenz. zijde}} \quad (\text{I. Voorstel 1. Gev.}).$$

$$\text{III. Hoek in den top} = \text{suppl. van de som der hoeken op de grondlijn.}$$

## II. OPLOSSING.

Om de hoeken te vinden, zonder behulp der loodlijn.

I. *cos.* 1 hoek =

$$\sqrt{\frac{\text{halve som der zijden} \times (\frac{1}{2} \text{ som} - \text{tegenoverst. zijde})}{\text{product der aangrenzende zijden}}}$$

Uit Voorst VI. Gev. 4.

II. *sin.* 1 hoek =

$$\sqrt{\frac{(\frac{1}{2} \text{ som der zijden} - \text{eene aangr. z.}) \times (\frac{1}{2} \text{ som} - \text{and. aangr. z.})}{\text{product der aangrenzende zijden}}}$$

Uit Voorst. VI. Gev. 3.

CAGNOLI. 9. 233.

AANMERKING. De Oplossing kan in zeer vele gevallen te pas komen, en heeft zeer veel gelijkheid met die, welke men in de klootsche driehoeks-meting voor het zelfde geval gebruikt.

L. G. Tr. §. 57.

OPLOSSINGEN DOOR DE GUNTER'S, OF  
LOGARITHMEN-SCHAAL.

Men kan de gewone oplossingen, dat is die, welke wij eerste oplossingen genoemd hebben, voor deze vier gevallen, even als voor de regthoekige driehoeken, door de *Gunter's*, of Logarithmen-schaal verrigten: want men heeft:

I. GEVAL.  $\text{Log. gez. zijde} - \text{Log. gegev. zijde} =$   
 $\text{Log. sin. overst. hoek} - \text{Log. sin. hoek over de}$   
 $\text{gegev. zijde.}$

II. GEVAL.  $\text{Log. sin. hoek over de geg. zijde} - \text{Log. sin. geg.}$   
 $\text{hoek.}$   
 $= \text{Log. overst. zijde} - \text{Log. zijde over den}$   
 $\text{geg. hoek.}$

$\text{Log. gez. zijde} - \text{Log. geg. zijde} = \text{Log. sin. hoek over}$   
 $\text{de gez. zijde}$   
 $- \text{Log. sin. hoek over de geg. zijde.}$

III. GEVAL.  $\text{Log. tang. 1 verschil der gezochte hoeken} -$   
 $\text{Log. tang compl.}$   
 $\frac{1}{2} \text{ geg. hoek} = \text{Log. versch. geg. zijden} -$   
 $\text{Log. som geg. zijden.}$

$\text{Log. derde zijde} - \text{Log. geg. zijde} = \text{Log. sin. hoek over}$   
 $\text{de gez. zijde} - \text{Log. sin. hoek over}$   
 $\text{de gegeven zijden.}$

AAN-

AANMERKING OP HET III. GEVAL.

Wij hebben reeda hier boven gezien (VIII. Afd. III. N<sup>o</sup>. II. §. 6.) dat het gebruik der GUNTER'S-*schaal* moeilijkheid kan doen ontstaan voor de *tangenten*, wanneer de hoeken grooter dan 45° zijn, en gezegd hoe men dan te handelen hebbe. Doch het zal niet onnuttig zijn dit derde Geval nog wat nader toetelichten.

Laten de bekende zijden zijn Z en z: de gegeven hoek C: het half verschil der gezochte hoeken x, dan is de regel

$$\text{Log. tang. } \frac{1}{2} x - \text{Log. cot. } \frac{1}{2} C = \text{Log. (Z - z)} - \text{Log. (Z + z)}$$

of

$$\text{Log. cot. } \frac{1}{2} C - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} x = \text{Log. (Z + z)} - \text{Log. (Z - z)}.$$

Dat is, neem met den passer op de lijn der *numeri*, of getallen,  $\text{Log. (Z + z)} - \text{Log. (Z - z)}$ . Zet op de lijn der *tangenten* de eene punt van den passer op *tang. compl.*  $\frac{1}{2} C$ : de andere punt wijst het getal aan dat  $\frac{1}{2} x$  uitdrukt.

Zoo lang  $\text{cot. } \frac{1}{2} C < \text{radius}$  of  $< \text{tang. } 45^\circ$ , is er geen zwaarigheid: maar wanneer  $\text{cot. } \frac{1}{2} C > r$ , kan men verleggen staan: als dan neemt men het omgekeerde van den *cotangent*, dat is  $\frac{1}{\text{tang.}}$ : immers om dat  $\text{cot. } \frac{1}{2} C =$

$$\frac{r^2}{\text{tang. } \frac{1}{2} C} \text{ is}$$

$\text{Log. cot. } \frac{1}{2} C = 2 \text{ Log. } r - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} C$ : en derhalve is de regel

$$2 \text{ Log. } r - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} C - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} x = \text{Log. (Z + z)} - \text{Log. (Z - z)}$$

of

$$\begin{aligned} \text{Log. } r - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} x &= \text{Log. tang. } \frac{1}{2} C - \\ &\quad \text{Log. } r + \text{Log. (Z + z)} - \text{Log. (Z - z)} \\ &= \text{Log. tang. } \frac{1}{2} C - [\text{Log. } r - (\text{Log. (Z + z)} \\ &\quad - \text{Log. (Z - z)})]: \end{aligned}$$

het geen dezen regel geeft. Neem met den passer  $\text{Log. (Z + z)} - \text{Log. (Z - z)}$ . Stel de eene punt op 45°; neem, van de plaats af daar de andere punt valt den afstand tot  $\text{tang. } \frac{1}{2} C$ : zij die afstand A, en houdt denzelfven onveranderd; dan heeft men  $\text{Log. } r - \text{Log. tang. } \frac{1}{2} x = A$ : of  $\text{Log. } r - A = \text{Log. tang. } \frac{1}{2} x$ . Stel dan de

eene



eene punt des pasfers op *tang.*  $45^\circ$  : daar de andere valt is  $\frac{1}{2} x$ .

IV. GEVAL. *Log.* verschil der stukken — *Log.* verschil der zijden =  
*Log.* som der zijden — *Log.* grondlijn.  
*Log. rad.* — *Log. cos.* hoek op de grondlijn =  
*Log.* aangr. zijde — *Log.* aangr. stuk.

### VIII. VOORSTEL. Fig. 66.

De oppervlakte, of de inhoud, eens driehoeks [ABC] wordt uitgedrukt door het halve product van twee zijden [AB, BC] en van den *sinus* des hoeks tusfchen die twee zijden begrepen.

BEWIJS. Volgens IV. 9. wordt de inhoud des  $\Delta$  ABC uitgedrukt door  $\frac{1}{2} AB \cdot CI$ ; maar in  $\Delta$  AIC is (Voorst. I.)  $CI : AC = \sin. \angle A : r$ ; derhalve  $CI \cdot r = AC \cdot \sin. \angle A$ : en gevolgelyk  $\Delta ABC = \frac{AB \cdot AC \cdot \sin. \angle A}{2 r} = \frac{AB \cdot AC \cdot \sin. \angle A}{2}$  indien  $r = 1$

### I. GEVOLG.

$$\sin. \angle A = \frac{2 \Delta ABC}{AB \cdot AC}$$

I. AANMERKING. Indien men dit Gevolg vergelykt met het 2. Gevolg van het VI. Voorstel, dat hierop neer komt.

$$\sin. A = \sqrt{\frac{2 a^2 b^2 + 2 a^2 c^2 + 2 b^2 c^2 - a^4 - b^4 - c^4}{2 AB \cdot AC}}$$

zal het volgen dat

$$\sqrt{2 a^2 b^2 + 2 a^2 c^2 + 2 b^2 c^2 - a^4 - b^4 - c^4} =$$

$\Delta ABC$  moet zijn: Dat dit zoo is zal blijken uit de Aanmerking op Voorstel IX.

II. AANMERKING. Indien men het geen in VIII. 10. Bep. in de Aanmerking gezegd is weder opvat, zal het blijken dat (Fig. 122.)  $\Delta LCH$

uitgedrukt wordt door  $\frac{LC \cdot CH \cdot \sin. \angle LCH}{2} = \frac{r^2 \sin. \angle LCH}{2}$ .

Zoo dan  $\angle LCH = \frac{\pi}{m}$  gesteld wordt, zijnde  $\pi$  de halve omtrek

als 1 de *radius* is, wordt  $\Delta LCH = \frac{1}{2} r \sin. \left( \frac{\pi}{m} \right)$ : en derhalve

$$\text{segment LKH} = \text{sector LCHK} - \Delta LCH = \frac{B \times r}{2} -$$

$\frac{r}{2} \cdot \sin. \left( \frac{\pi}{m} \right)$ : maar zoo B de boog des *sector*s is, kan die boog uitdrukt worden door  $\frac{\pi r}{m}$ : waaruit voortvloeit dit

## II. GEVOLG.

*Segment* wiens boog is  $\frac{\pi}{m} = \frac{r}{2} \left[ \frac{\pi r}{m} - \sin. \left( \frac{\pi}{m} \right) \right]$ .

III. AANMERKING. Zoo  $\frac{\pi}{m} > \frac{1}{2}$  omtrek, is  $\angle \frac{\pi}{m} > 180^\circ$ , en gevolgelyk wordt deszelfs *sinus* negatief. Zoo dat als dan de formule is, *segment* wiens boog is  $\frac{\pi}{m} = \frac{r}{2} \left( \frac{\pi r}{m} + \sin. \left( \frac{\pi}{m} \right) \right)$ . Zij  $m = 1$ : dan is  $\frac{\pi}{m} = 0$ : en het *segment* wordt  $\frac{\pi r^2}{2} =$  halven cirkel: zij  $m = 2$ : dan is *segment* wiens boog  $\frac{\pi}{m}$  of  $90^\circ = \frac{\pi r^2}{4} - \frac{r^2}{2}$ ; zoo  $m = \frac{3}{2}$  is *segment* wiens boog  $\frac{3}{2} \pi$  of  $270^\circ = \frac{3}{4} \pi r^2 + \sin. \left( \frac{3}{2} \pi \right) = \frac{3}{4} \pi r^2 + \frac{r^2}{2}$ : enz.

## IX. VOORSTEL. Fig. 66.

De inhoud, of de oppervlakte, eens driehoeks [ABC] wordt uitgedrukt door den wortel uit het product van de halve som der drie zijden, en die halve som, daarvan afgetrokken, iedere zijde afzonderlyk.

L. G. Tr. p. 295.

BEREIDING. Zij BD de nedergelaten loodlijn: men drukke kórtheids-halve (Voorstel VI Aanm. 1.) de zijden CB, AC, AB, door de kleine letters  $a, b, c$ , uit: en de over ieder derzelver staande hoeken door de groote letters A, B, C, welke in de daad aan de toppen der gemelde hoeken staan. Zij  $p$  (de eerste letter van het woord *peripherie*, of omtrek)  $= a + b + c$ , de som der drie zijden. Dat de loodlijn BD door  $y$  en CD door  $x$  aangeduid worde.

BEWIJS. Uit II. 16. 49: 1°.  $a^2 = y^2 + x^2$ : 2°.  $c^2 = y^2 + (x + b)^2$ : en dus 3°.  $a^2 - c^2 = x^2 - x^2 + 2bx - b^2 =$

2  $bx = b^2$ : en 4<sup>de</sup>.  $x = \frac{a^2 - c^2 + b^2}{2b}$ . 5<sup>de</sup>. Maar om dat  
(uit 1<sup>de</sup>.)  $y^2 = a^2 - x^2 = (a + x)(a - x)$  II. 10. is

$$6^{\circ}. y^2 = \left(a + \frac{a^2 - c^2 + b^2}{2b}\right) \left(\frac{a^2 - c^2 + b^2}{2b} - a\right) =$$

$$\frac{(2ab + a^2 + b^2 - c^2)(a^2 + b^2 - 2ab - c^2)}{4b^2} =$$

$$\frac{1}{4b^2} (\overline{a+b^2-c^2}) (\overline{a-b^2-c^2}) =$$

$$\frac{1}{4b^2} (\overline{a+b+c} \cdot \overline{a+b-c}) (\overline{a-b+c} \cdot \overline{c-a+b}) =$$

$\frac{1}{4} \cdot b^2 \times p \cdot (p - 2c) \cdot (p - 2b) \cdot (p - 2a)$ : dat is

$$7^{\circ}. y^2 = \frac{1}{4b^2} \times 2 \times \frac{1}{2}p \times 2(\frac{1}{2}p - c) \times 2(\frac{1}{2}p - b) \times 2(\frac{1}{2}p - a) =$$

$$= \frac{16}{4b^2} \times \frac{1}{2}p(\frac{1}{2}p - a) \cdot (\frac{1}{2}p - b) \cdot (\frac{1}{2}p - c): \text{gevolgelyk}$$

$$8^{\circ}. y = \frac{b}{2} \times \sqrt{\frac{1}{2}p(\frac{1}{2}p - a)(\frac{1}{2}p - b)(\frac{1}{2}p - c)}:$$

Maar IV. 9.  $\Delta ABC = \frac{by}{2}$ : derhalve

$$9^{\circ}. \Delta ABC = \sqrt{\frac{1}{2}p(\frac{1}{2}p - a)(\frac{1}{2}p - b)(\frac{1}{2}p - c)}: \text{dat het Voorstel is.}$$

I. AANMERKING. Uit N<sup>o</sup>. 8. verkrijgt men

$$\frac{b^2 y^2}{4} = \left(\frac{by}{2}\right)^2 = (\text{Inhoud } \Delta ABC)^2 =$$

$$\frac{b^2}{16b^2} \times p \cdot (p - 2a)(p - 2b)(p - 2c) = \frac{1}{16} p(p - 2a) \times$$

$$\frac{(p - 2b)(p - 2c)}{4}: \text{gevolgelyk}$$

$$\frac{1}{16} p(p - 2a): \text{inhoud } \Delta ABC = \text{inhoud } \Delta ABC:$$

$$\frac{(p - 2b)(p - 2c)}{4}: \text{het geen oplevert de}$$

#### I. GEVOLG.

De inhoud van een driehoek is middel-evenredig tusſchen het vierde gedeelte van den regthoek uit den omtrek, en het verschil van den omtrek met het dubbeld van eene der zijden, en het vierde gedeelte van den regthoek uit het verschil van den

den omtrek met het dubbeld van de tweede zijde, en het verschil deszelfs met het dubbeld van de derde zijde.

II. AANMERKING. Indien men voor  $p$  deszelfs waarde  $a + b + c$  in de formule van dit Voorstel stelt, wordt die formule, na de noodige herleidingen,  $\Delta ABC =$

$$\sqrt{\frac{2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4}{4}}$$

en derhalve is  $4 \Delta ABC =$

$$\sqrt{2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4}.$$

Indien men de uitdrukking vergelijkt met het 2. Gevolg van het

VI. Voorstel, zal het blijken dat (Fig 66)  $\sin A = \frac{4 \Delta ABC}{2 AB \cdot BC} =$

$\frac{2 \Delta ABC}{AB \cdot BC}$ ; gelijk wij in het Gevolg van het voorgaande VIII. Voor-

stel gezegd hebben.

Men ziet derhalve hoe men uit verschillende gronden altijd tot besluiten komt welke volmaakt met elkander overeenkomen, hoe veel zij ook in den eersten opslag schijnen te verschillen. Men vergelijke met de formules voor den inhoud eens driehoeks in dit en in het voorgaand Voorstel gegeven, VI. 3. Gev 2. VI. 4. Gev. 1. en de Aanmerking daarop.

III. AANMERKING. Het bewijs dat wij voor dit Voorstel gegeven hebben, hoe wel zeer nauwkeurig, is geenzins in den trant der Ouden, waar mede, in tegendeel, volkomen overeenkomt de volgende Geometrische constructie door CASTILLON in de *Memoires de l'Academie de Berlin*, voor het jaar 1766 opgegeven: en die wederom een treffelijk voorbeeld oplevert van den uitmuntenden bewijstrant der Ouden.

BEREIDING. Zij, Fig. 189,  $BCA$  de driehoek, 1°. verleng  $CA$  wederzijds: 2° trek uit  $C$  met den *radius*  $CB$  den cirkel  $GBH$ : 3°. Uit  $A$  met den *radius*  $AB$  den cirkel  $DBE$ ; vervolgens 4°. Trek  $BG$ ,  $BD$ ,  $BH$ ,  $BE$  en 5°.  $BF \perp$  op  $AC$ .

Uit deze bereiding volgt:

$$6^\circ. GE = GC + CA + AE = CB + CA + AB = a + b + c = p.$$

$$7^\circ. CE = CA + AE = CA + AB = b + c.$$

$$8^\circ. CD = AD - CA = AB - CA = c - b.$$

$$9^\circ. GE - DH = GD + HE = GC - DC + HE = CH + HF = DC = CE - DC = CA + AE - DC = CA + AD - DC = CA + CA + DC - DC = 2CA = 2b.$$

$$10^\circ. DH = GE - 2CA = a + b + c - 2b = p - 2b.$$

$$11^\circ. HE = GE - CH = GE - 2CC = GE - 2BC = a + b + c - 2a = p - 2a.$$

$$12^\circ. DG = GE - DE = GE - 2AD = GE - 2BA = a + b + c - 2c = p - 2c.$$

BEWIJS. Uit V. 13 is  $\overline{BF}^2 = DF \cdot FE = GF \cdot FH$ : en

13°.  $DF: BF = BF: FE$ : en

14°.  $EF: GF = FH: DF$ : componendo en alternendo.

15°.  $EF + GF: FH + DF = GF: D$ ; d. i.

16°.  $EG: DH = GF: FD$ : dividendo en N°. 14.

17°.  $EF - FH: GF - FD = EF: FG$ ; d. i.

18°.  $HE: GD = EF: GF$ : en dividendo in N°. 16

$EG - DH: DH = GF - FD: FD$ . d. i. door N°. 9.

19°.  $2 CA: DH = GD: DF$ : en

$2 AC \cdot DF = DH \cdot GD$ : en ook

$EG - DH: EG = GF - FD: GF$ : d. i.

20°.  $2 CA: EG = GD: GF = EH: EF$  (N°. 18) derhalve

$2 CA \cdot EF = GE \cdot EH$ .

21°. Maar  $CA \cdot EF: CA \cdot BF = EF: FB = FB: DF$  (N°. 13)

$= CA \cdot BF: CA \cdot DF$  d. i. uit N°. 19. 21.

$$22°. \frac{GE \cdot EH}{2} : CA \cdot FB = CA \cdot FB : \frac{DH \cdot GD}{2}$$

en

$$\frac{GE \cdot EH}{4} : \frac{CA \cdot FB}{2} = \frac{CA \cdot FB}{2} : \frac{DH \cdot GD}{4}$$

d. i. uit N°. 11, 10 en 12.

$$23°. \frac{GE [GE - 2 BC]}{4} : \text{inh. } \triangle ABC = \text{inh. } \triangle ABC : \frac{(GE - 2 CA) (GE - 2 BA)}{4}$$

Het geen den regel, in dit Gevolg voorgedragen, geeft.

## II. GEVOLG. Fig. 182.

Indien er een cirkel om den driehoek CBA, en een cirkel in den driehoek CBA beschreven wordt, zal men den *radius* IC van den omschreven, en den *radius* LM van den ingeschreven cirkel kunnen bepalen.

L. G. Tr. p. 296.

BEWIJS. Door VI. 4. Gev. 1. is  $\triangle CBA = \frac{CB \cdot BA \cdot AC}{4 IC}$

$$= \frac{abc}{4r}; \text{ derhalve } r = \frac{abc}{4 \text{ Inh. } \triangle}$$

Of door dit Voorstel.

$$r = \frac{\frac{1}{2} a \cdot b \cdot c}{\sqrt{\frac{1}{2} p (\frac{1}{2} p - a) (\frac{1}{2} p - b) (\frac{1}{2} p - c)}} = \frac{abc}{\sqrt{p(p-2a)(p-2b)(p-2c)}}$$

Door

Door VI. 3. Gev. 2. is  $\Delta ABC = (AB + AC + BC) \times \frac{1}{2} LM$ .

$$\text{derhalve } LM = \frac{2 \Delta ABC}{AB + BC + AC} =$$

$$\frac{2 \sqrt{\frac{1}{2} p (\frac{1}{2} p - a) (\frac{1}{2} p - b) (\frac{1}{2} p - c)}}{\sqrt{p^2}} =$$

$$\frac{2 \sqrt{p (p - 2a) (p - 2b) (p - 2c)}}{\sqrt{16 p^2}} =$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(p - 2a) (p - 2b) (p - 2c)}{p}}.$$

X. VOORSTEL. Fig. 66.

De som der *sinussen* van de drie hoeken eens driehoeks staat tot den *sinus* van eenen hoek, zoo als de som der drie zijden, of de omtrek des driehoeks, tot de zijde over den gemelden hoek staande.

BEREIDING. Trek  $CI \perp$  op  $AB$ ; en uit  $B$ ,  $BD \perp$  op  $AC$   
en zij  $AB + AC + BC = p$ .

BEWIJS. In de  $\Delta CBI$  en  $CIA$  is

$$CB : CI = \text{cosec. } \angle B : 1$$

$$\text{dus } \frac{CI : CA}{CB : CA} = \frac{1}{\text{cosec. } \angle A} : \frac{\text{cosec. } \angle A}{\text{cosec. } \angle B}$$

$$CB + CA : CB = \text{cosec. } B + \text{cosec. } A : \text{cosec. } B.$$

$$\text{Gelijkerwijze } CB : AB = \text{cosec. } C : \text{cosec. } A;$$

en dus

$$CB + CA : AB = (\text{cosec. } B + \text{cosec. } A) \text{ cosec. } C :$$

$$\text{cosec. } \angle B \times \text{cosec. } \angle A :$$

$$CB + CA + AB : AB = (\text{cosec. } B + \text{cosec. } A) \text{ cosec. } C + \text{cosec. } B \times \text{cosec. } A :$$

$$: \text{cosec. } B \times \text{cosec. } A.$$

d. i. VIII. 32. N°. 88.

$$p : AB = \left( \frac{1}{\sin. B} + \frac{1}{\sin. A} \right) \times \frac{1}{\sin. C} + \frac{1}{\sin. B} \times \frac{1}{\sin. A} : \frac{1}{\sin. B} \times \frac{1}{\sin. A}$$

$$= \frac{\sin. C + \sin. A + \sin. B}{\sin. B \cdot \sin. A \cdot \sin. C} : \frac{\sin. C}{\sin. B \cdot \sin. A \cdot \sin. C}$$

dat is

$$p : AB = \sin. C + \sin. A + \sin. B : \sin. C$$

of

$$\sin. C + \sin. A + \sin. B : \sin. C = p : AB.$$

### III. A F D E E L I N G.

OVER DE OPLOSSING DER DRIEHOEKEN IN  
BIJZONDERE GEVALLEN, WANNEER  
SLECHTS TWEE HOEKEN, OF ZIJ-  
DEN, EN HET VERSCHIL, OF DE  
SOM, VAN TWEE ANDERE  
HOEKEN, OF ZIJDEN, GE-  
GEVEN ZIJN.

#### XL. VOORSTEL. Fig. 180.

Gegeven zijnde twee zijden  $AB$ ,  $BC$ , en het verschil  
der tegenovergestelde hoeken  $K$  en  $A$ , den driehoek opte-  
lossen.

CAGNOLI. §. 237.

#### OPLOSSING.

*Tang.*  $\frac{1}{2}$  begrepen hoek =

$$\frac{\text{Cot. } \frac{1}{2} \text{ geg. verschil} \times \text{verschil geg. zijden.}}{\text{som der gegeven zijden.}}$$

waaruit het overige door het I. Geval gevonden wordt.

BEWIJS. Uit het 3. Gev. van het IV. Voorstel is

$$BC - AB : BC + AB = \text{tang. } \frac{1}{2} B : \text{cot. } \frac{1}{2} (A - C)$$

$$\text{en dus tang. } \frac{1}{2} B = \frac{\text{cot. } \frac{1}{2} (A - C) \times (BC - AB)}{BC + AB}.$$

#### XII. VOORSTEL. Fig. 180.

Gegeven zijnde de hoeken, en de som, of het verschil, van  
twee zijden, den driehoek optelosen.

CAGNOLI. §. 238.

#### OPLOSSING.

I. Verschil der geg. zijden =

$$\frac{\text{som geg. zijden} \times \text{tang. } \frac{1}{2} \text{ begr. hoek.}}{\text{cot. } \frac{1}{2} \text{ verschil der overige hoeken.}}$$

II.

III. Afd.: Oplossing van bijzondere gevallen. 411

II. Som der geg. zijden =

$$\frac{\text{Verschil geg. zijden} \times \cot. \frac{1}{2} \text{ begr. hoek}}{\text{tang. } \frac{1}{2} \text{ verschil der overige hoeken.}}$$

Bewijs. Uit het IV. Voorstel Gev. 3. is

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} B = \frac{\cot. \frac{1}{2} (A - C) \times (BC - AB)}{BC + AB}$$

$$\text{dus } BC - AB = (BC + AB) \times \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} B}{\cot. \frac{1}{2} (A - C)}$$

en

$$BC + AB = (BC - AB) \times \frac{\cot. \frac{1}{2} (A - C)}{\text{tang. } \frac{1}{2} B} =$$

$$(BC - AB) \times \frac{\cot. \frac{1}{2} B}{\text{tang. } \frac{1}{2} (A - C)} \quad (\text{VIII. 26. Gev. 1.})$$

I. GEVOLG.

Indien de driehoek regthoekig was in A, en men kende eenen scherpen hoek, (dus alle de hoeken en boven dien de som, of het verschil, van de *hypotenusa* BC en eene zijde AB; dan hadt men:

$$\angle A - \angle C = 90^\circ - \angle C = \text{comp. } \angle C = \angle B \text{ en dus}$$

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (A - C) = \text{tang. } \frac{1}{2} B \text{ en } \cot. \frac{1}{2} (A - C) = \cot. \frac{1}{2} B$$

en dus

$$BC - AB = \frac{BC + AB \times \text{tang. } \frac{1}{2} B}{\cot. \frac{1}{2} B} = BC + AB \times \text{tang. } \frac{1}{2} B$$

en

$$BC + AB = BC - AB \times \frac{\cot. \frac{1}{2} B}{\text{tang. } \frac{1}{2} B} = BC - AB \times \cot. \frac{1}{2} B$$

Het welk reeds Voorstel I. Gev. 4. uit andere gronden is afgeleid.

Waar uit, het zij  $BC + AB$ , het zij  $BC - AB$ , gegeven is, BC en AB afzonderlijk te vinden zijn: en daaruit AC.

AANMERKING. Men zoude ook AC onmiddellijk kunnen vinden, door het 4. Gev. van het I. Voorstel: want volgens het zelve heeft men in onze figuur (altijd den  $\angle A$  regt stellende).

$$\frac{BC - AB}{BC + AB} = (\text{tang. } B)^2 \text{ en dus}$$

$$\frac{BC - AB}{BC + AB} \times AC^2 = (\text{tang. } \frac{1}{2} B)^2 \times AC^2 \text{ of (II. 16. Gev. 1.)}$$

$$\frac{BC - AB \times (BC^2 - AB^2)}{BC + AB} = (\text{tang. } \frac{1}{2} B)^2 \times AC^2 \text{ of}$$

D d s

4007



door II. 10.

$$\frac{(BC - AB)(BC + AB)(BC - AB)}{BC + AB} = \text{tang.}^2 \frac{1}{2} B \times AC^2$$

$$\text{of } AC = \frac{(BC - AB)}{\text{tang.} \frac{1}{2} B}$$

Indien men door  $AC^2$  *divideert* in plaats van te *multipliceeren*, heeft men

$$AC = \text{tang.} \frac{1}{2} B \times (BC + AB).$$

CAGNOLI, §. 218.

## II. GEVOLG.

Indien de  $\Delta CAB$  niet in  $A$ , maar in  $B$  bij voorbeeld, regthoekig was, en men kende de hoeken, en de som, of het verschil, der regthoeks-zijden, hadt men  $\frac{1}{2} \angle B = 45^\circ$ : en dus  $\text{tang.} \frac{1}{2} \angle B = \text{radius} = 1$ : gevolgelyk,

daar  $A + C = 90^\circ$ , is  $A = 90^\circ - C$ ; en

$A - C = 90^\circ - 2C$ : dus  $\frac{1}{2}(A - C) = 45^\circ - C$ :

Waaruit de oplossing wordt

$$BC - AB = \frac{BC + AB}{\cot. (45^\circ - C)} \text{ en (VIII. 26. Gev. 1.)}$$

$$BC + AB = \frac{BC - AB}{\text{tang.} (45^\circ - C)}$$

CAGNOLI, §. 219.

## XIII. VOORSTEL. Fig. 180.

Gegeven zijnde een hoek  $[B]$ , de tegenovergestelde zijde  $[AC]$  en de som, of het verschil, der beide andere  $[BC, AB]$ ; den driehoek optelosen.

## OPLOSSING.

$$\text{Sin.} \frac{1}{2} \text{ verf. der onbek. h.} = \frac{\text{verschil der zijd.} \times \text{cos.} \frac{1}{2} \text{ geg. hoek.}}{\text{geg. zijde.}}$$

$$\text{Cos.} \frac{1}{2} \text{ verf. der onbek. h.} = \frac{\text{som der zijden} \times \text{sin.} \frac{1}{2} \text{ geg. hoek.}}{\text{geg. zijde.}}$$

CAGNOLI, §. 239.

BEWIJS.  $BC : AB = \text{fin.} A, \text{fin.} C$ : dus

$$BC - AB : \text{fin.} A - \text{fin.} C = BC : \text{fin.} A = AC : \text{fin.} B:$$

en dus

$$BC - AB = \frac{AC \cdot (\text{fin.} A - \text{fin.} C)}{\text{fin.} B} = (\text{door VIII. 32. N}^\circ. 34.)$$

$=$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{AC \times 2 \sin. \frac{1}{2} (A - C) \cos. \frac{1}{2} (A + C)}{\sin. B.} \\
 &= \frac{AC \times 2 \sin. \frac{1}{2} (A - C) \times \cos. \frac{1}{2} (A + C)}{\sin \text{ suppl. } (A + C).} \\
 &= (\text{VIII. Bep. 3. Gev. 1.}) \\
 &= \frac{AC \times 2 \sin. \frac{1}{2} (A - C) \times \cos. \frac{1}{2} (A + C)}{\sin. (A + C).} \\
 &= \frac{AC \times 2 \sin. \frac{1}{2} (A - C) \times \cos. \frac{1}{2} (A + C)}{2 \sin. \frac{1}{2} (A + C) \cos. \frac{1}{2} (A + C)} \quad (\text{Uit VIII. 32. N° 33.}) = \\
 &= \frac{AC \times \sin. \frac{1}{2} (A - C)}{\sin. \frac{1}{2} (A + C)} = \frac{AC \times \sin. \frac{1}{2} (A - C)}{\cos. \frac{1}{2} B.}
 \end{aligned}$$

om dat  $\frac{1}{2} (A + C) = \frac{1}{2} (180^\circ - B) = 90^\circ - \frac{1}{2} B.$

en dus is

$$BC - AB \times \cos. \frac{1}{2} B = AC \times \sin. \frac{1}{2} (A - C)$$

en derhalve

$$AC : BC - AB = \cos. \frac{1}{2} B : \sin. \frac{1}{2} (A - C)$$

en op de zelfde wijze, nemende  $BC + AB$  in plaats van  $BC - AB$ , vindt men

$$AC : BC + AB = \sin. \frac{1}{2} B : \cos. \frac{1}{2} (A - C).$$

#### GEVOLG.

Indien de hoek  $B$  regt was, en men kende dus in een' regthoekigen driehoek (buiten den regten hoek) de *hypotenusa*  $[AC]$ , en de som, of het verschil, der regthoeks-zijden, hadt men

$$AC : BC \mp AB = 1 : \sin. (45^\circ \mp C) \times \sqrt{2}.$$

CAGNOLI. §. 220.

$$\text{BEWIJS. } \cos. \frac{1}{2} B = \sin. \frac{1}{2} B = \sin. 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

$$A + C = 90^\circ : \text{dus } A - C = 90^\circ - 2C : \text{en}$$

$$\frac{1}{2} (A - C) = 45^\circ - C :$$

$$\text{en dus } \cos. \frac{1}{2} (A - C) = \sin. \text{compl. } (45^\circ - C) =$$

$$\sin. (90^\circ - 45^\circ + C) = \sin. (45^\circ + C).$$

en dus heeft men

$$AC : BC \mp AB = \frac{1}{\sqrt{2}} : \sin. (45^\circ \mp C).$$

#### XIV. VOORSTEL. Fig. 180.

Gegeven zijnde een hoek  $[C]$ , eene der aangrenzende zij-

Dd 3

414 **IX. Boek: Over de Driehoeks-meting.**

zijden  $[AC]$ , en de som der twee andere  $[AB + BC]$ , den driehoek optelosen.

**OPLOSSING.**

$$\text{Cot. } \left(\frac{1}{2} \text{ hoek die aan de geg. zijde grenst}\right) =$$

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} \text{ geg. hoek} \times \frac{\text{geg. som} + \text{geg. zijde}}{\text{geg. som} - \text{geg. zijde.}}$$

CAGNOLI, §. 240.

BEREIDING. Zij  $BE = AB$ : en dus  $CE = CB + AB$ , bekend.  
En dus ook

$$\angle CAE - \angle E = \angle CAE - \angle BAE = \angle CAB.$$

BEWIJS. In den  $\triangle CAE$  is door de eerste oplossing van het derde Geval,

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} \angle CAE - \angle E, \text{ of hier,}$$

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} \angle CAB = \text{cot. } \frac{1}{2} C \times \frac{CB + AB - AC}{CB + AB + AC};$$

of (VIII. 32. N°. 51, 52.)

$$\text{Cot. } \frac{1}{2} \angle CAB = \text{tang. } \frac{1}{2} C \times \frac{CB + AB + AC}{CB + AB - AC}.$$

**XV. VOORSTEL. Fig. 180.**

In een' driehoek  $[ABC]$  gegeven zijnde een hoek  $[C]$ , ene der aangrenzende zijden  $[AC]$ , en het verschil der overige zijden  $[CB - AB]$ , den driehoek optelosen.

**OPLOSSING.**

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} (\text{hoek die aan de gegev. zijde grenst}) =$$

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} \text{ hoek} \times \frac{\text{gegeven. zijde} + \text{gegeven. verschil.}}{\text{gegeven. zijde} - \text{gegeven. verschil.}}$$

CAGNOLI, §. 241.

BEREIDING. Zij  $BD = BA$ : dus 1°.  $CD = CB - AB$ : dus 2°.  $\angle DAB = \angle ADB$ : 3°.  $\angle CDA - \angle CAD = 180^\circ - \angle ADB = \angle CAD = 180^\circ - \angle ADB + \angle CAD = 180^\circ - (\angle DAB + \angle CAD) = 180^\circ - \angle CAB$ : dus  $\frac{1}{2} (\angle CDA - \angle CAD) = 90^\circ - \frac{1}{2} \angle CAB = \text{compl. } \frac{1}{2} \angle CAB$ .

BEWIJS. In den  $\triangle CAD$  is door de I. Oplossing van het III. Geval,

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} (\angle CDA - \angle CAD) = \text{cot. } \frac{1}{2} \angle CAB =$$

==

$$= \cot. \frac{1}{2} \angle C \times \frac{CA - CD}{CA + CD}$$

$$= \cot. \frac{1}{2} \angle C \times \frac{CA - (CB - AB)}{CA + (CB + AB)} : \text{en dus}$$

$$\text{tang. } \frac{1}{2} \angle CAB = \text{tang. } \frac{1}{2} C \times \frac{CA + (CB + AB)}{CA - (CB - AB)}.$$

XVI. VOORSTEL. Fig. 181a.

Gegeven zijnde de drie hoeken, en de grondlijn [AC] de stukken die op dezelve door de loodlijn gemaakt worden te bepalen.

OPLOSSING.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Verschil} \\ \text{of} \\ \text{som} \end{array} \right\} \text{der stukken} = \frac{\text{grondl.} \times \sin. \text{versch. hoek. op de grondl.}}{\sin. \text{tophoek.}}$$

CAGNOLI, §. 243.

BEREIDING. Men deele CA in twee gelijke deelen in E: rigte de loodlijnen, EF en BD op en trekke CF: waar door CF = FA.

BEWIJS. Sin.  $\angle FCB$ : sin.  $\angle CBA$  = BF: CF = BF: AF = DE: EA = DE:  $\frac{1}{2} CA$  =  $\frac{1}{2} CA + DC$ :  $\frac{1}{2} CA$  =  $CA + \frac{1}{2} DC$ :  $CA = DA + DC$ : CA: Maar  $\angle FCB = \angle BCA - \angle FCA = \angle BCA - \angle A$ :

derhalve sin. ( $\angle BCA - \angle A$ ): sin.  $\angle CBA$  =  $DA + DC$ : CA

$$\text{en } DA + DC = \frac{CA \times \sin. (\angle BCA - \angle A)}{\sin. \angle CBA}$$

NB. — indien  $\angle BCA$  scherp: + indien  $\angle BCA$  stomp.

I. AANMERKING. Ik ben dit zeer eenvoudig Bewijs aan den Heer REHUEL LOBATO verschuldigd.

GEVOLG.

Indien de tophoek regt is, is het verschil der stukken = grondlijn  $\times$  sin. verschil der hoeken op de grondlijn.

$$\text{of } AD - CD = AC \sin. (C - A)$$

doch om dat  $C + A = 90^\circ$ : is  $C - A = 90^\circ - 2A = \text{compl. } 2A$

derhalve  $AD - CD = \cos. 2A$ , indien de radius AC = 1.

$$\text{en, daar } DA = \frac{1}{2} (AC + DA - CD) \\ \text{en } CD = \frac{1}{2} (AC - AD - CD) \quad (\text{IV. Geval 1. Opl.})$$

is  $DA : CD = 1 + \cos. 2A : 1 - \cos. 2A$   
 en door (VIII. 32. N<sup>o</sup>. 17.)

$$\begin{aligned} &= 1 + 2 \cos. A^2 : 1 - 2 \cos. A^2 + 1 \\ &= 2 \cos. A^2 : 2 - 2 \cos. A^2 \\ &= \cos. A^2 : 1 - \cos. A^2 = \cos. A^2 : (\sin. A)^2 \\ &= 1 : \frac{\sin. A^2}{\cos. A^2} = 1 : \tan. A^2, \end{aligned}$$

insgelijks,

$$AC : DA - CD = 1 : \sin. (C - A).$$

Welke beide uitdrukkingen men voor den regthoekigen driehoek, en dus in een bijzonder geval, onmiddellijk en korter had kunnen bekomen,

CAGNOLI, §. 221.

II. AANMERKING Het geval waarin men de stukken van de grondlijn vraagt als de drie zijden van den driehoek gegeven zijn, is de I. Oplossing van het IV. Geval.

#### XVII. VOORSTEL. Fig. 66.

Wanneer in een' driehoek  $[ABC]$  de tophoek, en de zijden  $[AB, CB]$  om dien hoek gegeven zijn, de stukken te vinden in welke eene loodlijn uit dien hoek op de tegenovergestelde zijde neder gelaten dien hoek verdeelen zal,

#### OPLOSSING.

$Tang. \frac{1}{2} \left\{ \begin{array}{c} \text{verschil} \\ \text{of} \\ \text{som} \end{array} \right\} \text{ der deelen van den hoek.}$

$$= \cot. \frac{1}{2} \text{ gegev. hoek} \times \frac{\text{verschil der gegev. zijden.}}{\text{som der zijden.}}$$

CAGNOLI, §. 245

BEWIJS.  $AB : BD = 1 : \cos. \angle ABD :$

$$BD : CB = \cos. \angle CBD : 1$$

dus  $AB : BC = \cos. \angle CBD : \cos. \angle ABD :$  en

$$AB + BC : BA - BC = \cos. \angle ABD + \cos. \angle CBD : \cos. \angle CBD - \cos. \angle ABD.$$

$$\frac{BA - BC}{AB + BC} = \frac{\cos. \angle CBD - \cos. \angle ABD}{\cos. \angle ABD + \cos. \angle CBD}$$

$$= \frac{\tan. \frac{1}{2} (\angle ABD - \angle CBD)}{\cot. \frac{1}{2} (\angle CBD + \angle ABD)} : (\text{VIII. 32. N<sup>o</sup>. 83.})$$

dus

### III. Afd.: Oplossing van bijzondere gevallen. 417

dus zoo  $\angle C$  scherp

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ABD - \angle CBD) = \cot. \frac{1}{2} (\angle CBD + \angle ABD) \times \frac{BA - BC}{BA + BC}$$

$$= \cot. \frac{1}{2} \angle ABC \times \frac{BA - BC}{BA + BC}.$$

en zoo de hoek  $C$  stomp

$$\frac{1}{\cot. \frac{1}{2} (\angle CBD + \angle ABD)} = \frac{1}{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ABD - \angle CBD)} \times \frac{BA - BC}{BA + BC}$$

of

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle CBD + \angle ABD) = \cot. \frac{1}{2} (\angle ABD - \angle CBD) \times \frac{BA - AC}{BA + BC}$$

$$= \cot. \frac{1}{2} \angle CBA \times \frac{BA - BC}{BA + BC}.$$

GEVOLG.

Indien  $\angle ABC$  regt; is  $\cot. \frac{1}{2} \angle ABC = 1$   
en dus

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ABD - \angle CBD) = \frac{BA - BC}{BC + AB}.$$

### XVIII. VOORSTEL. Fig. 67.

Te vinden de stukken welke op de zijde  $[AB]$  eens driehoeks  $[ACB]$  gemaakt worden door eene lijn  $CH$ , die den overgestelden hoek  $[ACB]$  in twee gelijke deelen deelt: het zij men in dien driehoek de hoeken en de verdeelde zijde  $AB$ , het zij men de zijden, kenne.

OPLOSSING.

I. Versch. der stukken =

$$\frac{\text{verdeelde zijde} \times \text{tang. } \frac{1}{2} \text{ versch. aangr. hoeken}}{\text{tang. } \frac{1}{2} \text{ som van die hoeken.}}$$

II. Versch. der stukken =

$$\frac{\text{verdeelde zijde} \times \text{verschil der andere zijden}}{\text{som van die andere zijden.}}$$

CAGNOLI, §. 244.

BEWIJS.  $BH : CH = \sin. \angle BCH : \sin. \angle B :$

$CH : AH = \sin. \angle A : \sin. \angle ACH$  of  $\sin. \angle BCH$

dus

$BH : AH = \sin. \angle A : \sin. \angle B :$

$BH + AH : BH - AH = \sin. \angle A + \sin. \angle B : \sin. \angle A - \sin. \angle B$

Dd 5

en

en dus

$$BH - AH = \frac{BH + AH \times (\sin. \angle A - \sin. \angle B)}{\sin. \angle A + \sin. \angle B}$$

$$= AB \times \frac{\tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)}{\tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B)} \text{ (VIII. 32. N°. 82.)}$$

maar

$$AC + BC : BC - AC = \tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B) : \tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)$$

(door het IV. Voorst.)

dus

$$\frac{\tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)}{\tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B)} = \frac{BC - AC}{BC + AC} : \text{en}$$

$$BH - AH = AB \times \frac{BC - AC}{BC + AC}$$

I. GEVOLG. Fig. 67.

Indien de driehoek regthoekig is in C, is

$$\angle A + \angle B = 90^\circ : \text{dus } \frac{1}{2} (\angle A + \angle B) = 45^\circ : \text{en}$$

$$\frac{1}{2} (\angle A - \angle B) = 45^\circ - \angle B : \text{maar}$$

$$BH = \frac{1}{2} AB + \frac{1}{2} (BH - AH), \text{ en}$$

$$AH = \frac{1}{2} AB - \frac{1}{2} (BH - AH); \text{ en gevolgelijk}$$

$$BH : AH = \frac{1}{2} AB \left( 1 + \frac{\tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)}{\tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B)} \right) : \frac{1}{2} AB \times$$

$$\left( 1 - \frac{\tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)}{\tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B)} \right)$$

$$= \tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B) + \tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B) : \tan. \frac{1}{2} (\angle A + \angle B) - \tan. \frac{1}{2} (\angle A - \angle B)$$

$$= \tan. 45^\circ + \tan. (45^\circ - \angle B) : \tan. 45^\circ - \tan. (45^\circ - \angle B)$$

(VIII. 32. N°. 68)

$$= 1 + \frac{1 - \tan. B}{1 + \tan. B} : 1 - \frac{1 - \tan. B}{1 + \tan. B}$$

$$= 1 + \tan. B + 1 - \tan. B : 1 + \tan. B - 1 + \tan. B$$

$$= 2 : 2 \tan. B = 1 : \tan. B.$$

CAGNOLI. §. 222.

II. GEVOLG.

Indien de driehoek gelijkbeenig is, namelijk zoo  $AC = BC$ : is  $BH - AH = 0$  of  $BH = AH$ ; het geen men reeds van elders weet: namelijk uit I. 27.

XIX. VOORSTEL. Fig. 67.

Indien twee zijden  $[AC, BC]$ , en de hoek tuschen de-  
zel-

### III. Afd.: Oplossing van bijzondere gevallen. 419

zelfen begrepen, gegeven zijn, en die hoek door eene lijn, welke de derde zijde in twee gelijke deelen snijdt, verdeeld wordt, de stukken van dien hoek te vinden.

#### OPLOSSING.

*Tang.*  $\frac{1}{2}$  versch. der stukken van den hoek  $\equiv$   
*tang.*  $\frac{1}{2}$  geg. hoek  $\times \frac{\text{verschil der geg. zijden}}{\text{som der geg. zijden.}}$

CAGNOLI, §. 246.

BEWIJS.  $AH: CH \equiv \sin. \angle ACH: \sin. \angle A:$

$BH$  of  $(AH): CH \equiv \sin. \angle HCB: \sin. \angle B:$

en dus

$\sin. \angle ACH: \sin. \angle HCB \equiv \sin. \angle A: \sin. \angle B \equiv CB: AC.$

en dus

$CB + AC: CB - AC \equiv \sin. \angle ACH + \sin. \angle HCB:$   
 $\sin. \angle ACH - \sin. \angle HCB$

en

$$\frac{CB - AC}{CB + AC} = \frac{\sin. \angle ACH - \sin. \angle HCB}{\sin. \angle ACH + \sin. \angle HCB} =$$

$$= \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ACH - \angle HCB)}{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ACH + \angle HCB)} \quad (\text{VIII. §2. N}^{\circ} 82.)$$

dus

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle ACH - \angle HCB) = \text{tang. } \frac{1}{2} \angle ACB \times \frac{CB - AC}{CB + AC}$$

## IV. AFDEELING.

### AANMERKINGEN OVER EENIGE BIJZONDERE GEVALLEN IN DE PRAKTIJK.

Tot de praktijk van Landmeten behooren goede werktuigen om hoeken te meten, en eene naauwkeurige maatstaf om lengten op het terrein te kunnen bepalen. Een werk dat, wil men de vereischte naauwkeurigheid in acht nemen, vele voorzorgen en veel oplettendheid vereischt. Dit betreft de praktijk zelve, en behoort dus niet tot ons bestek. Wij zullen alleen eenige algemene aanmerkingen maken op de verschillende soorten van gevallen die men aantreft.

Men meet hoogten, afstanden, of geheele terreinen.

I.



- I. Wanneer men (Fig. 97. a) de hoogte  $BC$  moet bepalen, en men kent, of heeft gemeten, den afstand  $CA$ , die ondersteld wordt waterpas te liggen, zoo dat  $\angle BCA = L$ : heeft men niets meer te doen dan den hoek  $BAC$  te meten: immers dan is  
 $r: \text{tang. } \angle BAC = CA: BC$ : welke daar door bekend is,
- II. Zoo de afstand  $CA$  onbekend, of ongenaakbaar, mogt zijn; moet men eene grondlijn  $AE$  meten, waarvan de uiteinden  $E$  en  $A$  in eene en dezelfde rigting liggen met het voorwerp  $BC$ . Men meet dan de hoeken  $BEC$ , en  $BAC$ : waar door het *supplement* van deze, of  $\angle BAE$  bekend is: en derhalve in den  $\triangle ABE$  ook de hoek  $ABE$ : dan is  $\text{fin. } \angle B: AE = \text{fin. } \angle E: BA$ : (Voorstel III.) welke zijde  $BA$  derhalve bekend wordt: en dan in  $\triangle BAC$  is  
 $r: \text{fin. } \angle BAC = BA: BC$ : welke dus, door die twee berekeningen bekend wordt.
- III. Ook komt de oplossing der regthoekige driehoeken dagelijks in de Stuurmanskunst te pas, om, gelijk reeds gezegd is, uit de bezielde koers en verheid de verandering in lengte en breedte te berekenen.
- IV. De oplossing der scheefhoekige driehoeken is in de praktijk van het landmeten ten hoogsten noodzakelijk. Het eerste geval dient om (Fig. 184.) te bepalen op welken afstand  $CA$ , of  $CB$ , men zich van een ongenaakbaar voorwerp  $C$  bevindt: mits men uit twee plaatsen van eene bekende, of daartoe opzettelijk gemeten, *basis*  $AB$ , de hoeken meten kan, welke het gemelde voorwerp, uit die plaatsen gezien, met de *basis* maakt; te weten de hoeken  $CBA$ , en  $BAC$ : immers, dan is  $\angle C$  daar door bekend, en  $\text{fin. } \angle B: AC = \text{fin. } \angle A: BC = \text{fin. } C: AB$ . Kan men er dan nog bij bepalen den hoek, dien het voorwerp, uit  $A$  of uit  $B$  gezien, boven de kim maakt, dan zal men, den afstand  $CA$ , of  $CB$ , eerst berekend hebbende, de hoogte van dat voorwerp kunnen bepalen, door het I. geval van de regthoekige driehoeken, en het zoo even gezegde in N<sup>o</sup>. I.
- V. Het derde geval dient om den onderlingen afstand  $CD$  van twee ongenaakbare voorwerpen  $C$  en  $D$  te bepalen, mits men de hoeken gemeten hebbe (Fig. 183.) die zij, uit de uiteinden van de gemeten *basis*  $AB$  gezien, met dezelfde maken: te weten  $\angle CAB$ ,  $\angle DAB$ ; en  $\angle DBA$ ,  $\angle CBA$ : immers dan zijn in  $\triangle ACB$  en  $ADB$ , daar door de hoeken  $ACB$  en  $ADB$  bekend: dan is 1<sup>o</sup>. in  $\triangle ACB$ ;  $\text{fin. } \angle ACB: AB = \text{fin. } \angle CAB: CB = \text{fin. } \angle CBA: AC$ ; waar door  $CB$  en  $AC$  bekend worden: 2<sup>o</sup>. in

in  $\triangle ADB$ , is  $\sin. \angle ADB : AB = \sin. \angle DAB : BD = \sin. \angle ABD : AD$ , en  $AD$  en  $DB$  worden bekend. Eindelijk kent men dan in  $\triangle CAD$ ,  $\angle CAD = \angle CAB - \angle DAB$ , de beide zijden  $CA$ ,  $AD$  reeds berekend; en insgelijks in  $\triangle CBD$ ,  $\angle CBD = \angle DBA - \angle CBA$ ,  $CB$  en  $BD$ : men kan dan uit een van beiden, waarin twee zijden en de begrepen hoek bekend zijn, door eene der oplossingen van het derde geval, de gevraagde lijn  $CD$  berekenen.

VI. Indien er nog andere voorwerpen waren, gelijk  $E$ ,  $D$  en  $F$ , zoude men, met de hoeken  $EAB$ ,  $FAB$ ,  $DFA$ ,  $EBA$ , te meten, de  $\triangle\triangle EAB$ ,  $FAB$  kunnen oplossen, en daar door de lijnen  $EA$ ,  $FA$ ,  $EB$ ,  $FB$  kennen: waaruit in ieder der driehoeken  $CAE$ ,  $CAF$ ,  $EAF$ ,  $EAB$ ,  $FAD$ , en  $CBE$ ,  $EBF$ ,  $FBD$ ,  $EBD$ , de lijnen,  $EF$ ,  $FD$ ,  $DC$ , door een dubbeld stel, of door een van die stellen driehoeken, berekend kunnen worden: zoo dat men dan alle de zijden  $CE$ ,  $EF$ ,  $FD$ ,  $CD$ , kent; dat is de afstanden op welke die voorwerpen van elkander staan.

VII. Ook kent men daar door hunne onderlinge rigting: want in het berekenen der  $\triangle\triangle DAC$  en  $CAE$ , worden de  $\angle\angle ACD$  en  $CAE$  bekend: dan is ook bekend  $\angle ECD = \angle ECA - DCA$ . In het berekenen der  $\triangle\triangle$  zijn ook  $\angle AEF$  en  $\angle EFA$  bekend geworden. Derhalve is ook  $\angle CEF = \angle CEA + \angle FEA$  bekend. Ingelijks uit  $\triangle\triangle DAF$ ,  $FBD$  en  $EBF$  worden de hoeken  $AFD$ ,  $ADF$ ,  $BFD$ ,  $FDB$ ,  $BED$ ,  $EDB$  bekend; en derhalve ook  $\angle EFD = \angle AFE + \angle AFD$ ;  $\angle CDE = \angle EDB - \angle CDB$ ;  $\angle EDF = \angle CDF - \angle CDE$ : zoo dat zoo wel de afstanden der plaatsen  $C$ ,  $E$ ,  $F$ ,  $D$ , bekend zijn als derzelver rigting, het zij onder haar vieren, het zij drie aan drie genomen, zoo als  $C$ ,  $E$ ,  $D$ :  $E$ ,  $F$ ,  $D$ , en ook  $C$ ,  $F$ ,  $D$ .

VIII. Het vierde geval dient eigenaartig, om de rigting der voorwerpen te bepalen, als men derzelver afstand kent. Indien men (Fig. 191) den onderlingen afstand van drie plaatsen  $A$ ,  $I$ ,  $C$ , dat is de drie zijden  $AI$ ,  $IC$ ,  $AC$  van den  $\triangle AIC$  kent: zal derzelver rigting bekend zijn als men de hoeken  $IAC$ ,  $AIC$ ,  $ICA$ , zal berekend hebben, het geen door het vierde geval geschied.

IX. Men is dan in staat om, door meting van eene *basis*, of grondlijn, en voorts van hoeken, een geheel land op-  
tenemen en in kaart te brengen. Dan komt het zeer dik-  
werf te pas om de hoegrootheid van dat Land, of van dat stuk  
lands, in eene bepaalde maat, *quaadraat-voeten* of *roeden*; of  
in *mijlen*, of in *morgens* enz. uitedrukken: dit geschiedt  
door

door het geen in Voorst. XL. van het II. Boek geleerd is; de uitdrukkingen gebruikende die het 6. Gev. van het IX. Voorstel des vierden Boeks aan de hand geeft.

Indien men namenlijk een stuk lands (fig. 186.) A B C D E gemeten heeft, door middel der *basis* A B en der hoeken A B C, B C D, C D E, D E A, E A B: kan men, getrokken hebbende de diagonalen A C, A D, de lengte derzelve uit de driehoeken C A B, C D A of D A E opmaken, waartoe, in ieder derzelve genoegzame gegevene zaken zijn; en dan wederom de loodlijnen B F, D G, E H, welke, noodig geacht worden om den inhoud der driehoeken B C A, C D A, D A E te vinden, die te samen den inhoud van het geheele stuk uitmaken: waar van de inhoud derhalve zijn zal

$$\frac{AC \times (BF + DG) + AD \times HE}{2}$$

Maar alle die berekeningen zijn werkelijk; men zal echter het werk veel verkorten, indien men op het land zelf ook de hoeken B A C, C A D, D A E waarneemt: want dan valt de berekening der zijden B C, C D, D E en der diagonalen A C, A D, vrij wat gemakkelijker: en men kan met het VIII. Voorstel te gebruiken, de  $\perp$  B F, D G, E H missen, waarvan de berekening ook al omslagtig is: te

weten  $\Delta A B C = \frac{BA \cdot CA \cdot \sin. B A C}{2}$ : zoo dat de in-

houd van het geheele stuk zijn zal,

$$\frac{BA \cdot CA \cdot \sin. \angle B A C + CA \cdot AD \cdot \sin. \angle C A D + AD \cdot AE \cdot \sin. \angle D A E}{2}$$

X. Wanneer men een geheel land, of een aanzienlijk gedeelte daarvan, opneemt, zoude men in grove feilen kunnen vervallen, indien men niet vele voorzorgen gebruikte om het ophoopen van feilen, die van alle waarnemingen onafscheidelijk zijn, te beletten. Veel hangt af van de nauwkeurigheid der werktuigen die men gebruikt, en van de voorzorgen des waarnemers: en in uitgestrekte meringen moet hij nimmer afzijn om, van de voornaamste driehoeken, ten minsten, de drie hoeken te meten, welke te samen twee regte hoeken of  $180^\circ$  moeten uitmaken: zoo het verschil aanmerkelijk ware is er eene feil in de waarnemingen: zoo het gering is, moet het verschil gelijkelijk tuschen de drie hoeken verdeeld worden, om deze daar door te verbeteren, ten zij er redenen waren om een grooter gedeelte der verbetering tot eenen hoek, dan tot eenen anderen te brengen. Een voordeel dat men mist als men slechts twee hoeken meet, en den derden uit deze besluit: dan valt op dien derden de geheele som der feilen in de twee overige misschien begaan.

XI Wanneer alle de opgenomen hoeken een geheel samenstel uitmaken, en eenige van derzelve zijden eenen veelhoek, binnen hetwelk de top Z van de waargenomen hoeken valt: kan de juistheid der meting getoest worden door dit

XX. VOORSTEL. Fig. 185.

In alle veelhoeken, welke door lijnen [ZA, ZE, ZD enz.]; uit een stip Z, binnen het zelve getrokken, in driehoeken verdeeld worden; zijn dezelve zoo gesteld dat 1°. alle de hoeken om dat stip [Z] te samen vier rechte, of 360 graden, uitmaken: en 2°. dat het product der *sinussen* van de even hoeken op de *bas*s (van de 2, den 4, den 6 enz.) gelijk is aan het product der *sinussen* van de oneven hoeken (den 1, 3 enz.)

BEWIJS. VOOR HET EERSTE. Uit I. 5. Gevolg.

VOOR HET TWEEDE In de  $\Delta \Delta$  AZE, EZD, enz. is door Voorst III.

$$ZA: ZE = \sin. \angle ZEA: \sin. \angle ZAE$$

$$ZE: ZD = \sin. \angle ZDE: \sin. \angle ZED$$

$$ZD: ZC = \sin. \angle ZCD: \sin. \angle ZDC$$

$$ZC: ZB = \sin. \angle ZCB: \sin. \angle ZBC$$

$$ZB: AZ = \sin. \angle ZBA: \sin. \angle ZAB$$

Daar nu de producten der twee eerste kolommen gelijk zijn: zijn het ook die der twee laatste: d. i.

$$\sin. \angle ZEA \times \sin. \angle ZDE \times \sin. \angle ZCD \times \sin. \angle ZBC \times \sin. \angle ZAB$$

$$= \sin. \angle ZAE \times \sin. \angle ZED \times \sin. \angle ZDC \times \sin. \angle ZCB \times \sin. \angle ZBA$$

dat is

$$\sin. \text{II. hoek} \times \sin. \text{IV. hoek} \times \sin. \text{VI. hoek} \times \sin. \text{VIII. hoek} \times \sin. \text{X. hoek}$$

$$= \sin. \text{I. hoek} \times \sin. \text{III. hoek} \times \sin. \text{V. hoek} \times \sin. \text{VII. hoek} \times \sin. \text{IX. hoek.}$$

Welk Voorstel een beproevingsmiddel is, waarvan de Generaal KRAAYENHOFF in zijne *Geodetische metingen* van dit Land, onder anderen, gebruik heeft gemaakt. Men zie zijn keurig werk getiteld *Précis historique des Opérations Géodésiques, etc.*

Het spreekt van zelf dat wanneer men door Logarithmen werkt, dan voor de som der *logarithmen-sinus*, geldt, het geen van het product der *sinussen* gezegd is

AANMERKING Wij stippen dit alles maar ter loops aan, de ontvouwing behoort tot de praktijk. Deze bestaat, of in het gewoon Landmeters werk, als wanneer men zich veelt met de schriften van MORGENSTERK, ORROOY, OZANAM, SAUVEUR, LA GRIVE, enz. zal kunnen vergenoegen; of wel tot de *GEODESIE* in hare geheele omvang, ook tot het opnemen van geheele Landen waar over twee voorreffelijke werken voorhanden zijn; te weten, een van MAIJER in het Hoog-

Hoogdutch, het ander, van PUSSANT, in het Fransch; dit laatste overtreft verre alles wat daar omtrent tot mijne kennis is gekomen.

XII. Wanneer men eenmaal de belangrijkste voorwerpen met de vereischte naauwkeurigheid opgenomen heeft, valt het gemakkelijk andere, met eene genoegsame naauwkeurigheid te bepalen. Twee belangrijke gevallen doen zich deswegens op, die het der moeite waardig zijn zal nader te ontvouwen.

#### EERSTE BELANGRIJK GEVAL.

XXI. VOORSTEL. Fig. 187, 188, 189, 190, 191, 192.

Gegeven zijnde de onderlinge afstand van drie voorwerpen, A, I, C, mitsgaders een stip B waaruit men, op de voorwerpen A, I, C mikkende, de hoeken ABI, ABC, IBC, meet: te bepalen den afstand des gemelden stips B van ieder der voorwerpen: dat is, AB, BI, BC?

SNELLIUS, *Eratosthenes Batavus*, Cap. X.

UITLEGGING. De gegeven voorwerpen maken met elkander den  $\Delta AIC$ : waarvan de drie zijden gegeven zijn. Dit Voorstel door SNELLIUS uitgedacht, en door hem werkelijk gebruikt, mogt wel den naam van het Voorstel van SNELLIUS dragen: in latere tijden heeft men er veel gebruik van gemaakt, waar door het meerder roem heeft gekregen, en vele Wiskundigen hebben er oplossingen van gegeven: onder anderen reeds in 1671, COLLINS *Phil. Transact*, vol. 6. N°. 69. Later, in 1755. BOSCOVISCH, *Voyage Astronomique*, Liv. III. §. 17. in 1765. LAMBERT in zijne *Beytrage zum gebrauche der Mathemat.*, I Band N°. 1. §. 107—117, en in de laatste tijden, DELAMBRE, *Methodes Analytiques*, etc. en *Base du système métrique*: L'HUILIER *Elémens d'Analyse Géométrique*, §. 138. Ik zal drie Oplossingen voordragen: eene *Graphische*, eene *Trigonometrische*, eene *Algebraische*: na alvorens te hebben opgemerkt dat er twee algemeene gevallen zijn; want het stip B valt binnen of buiten den driehoek: het geen echter in de oplossing zelve geen wezenlijk onderscheid te weeg brengt.

#### GRAPHISCHE OPLOSSING. Fig. 190, 191.

Deze oplossing is door SNELLIUS gebruikt.

- 1°. Stel op de lijn AI een cirkelstuk IBA bekwaam om een' hoek te bevatten gelijk aan den hoek door den waarnemer tusschen A en I uit B gemeten: (Werkstukken V. 5.)
- 2°. Stel op CI een cirkelstuk CBI bekwaam om een' hoek gelijk aan den hoek door den waarnemer tusschen I en C uit B gemeten, te bevatten.

Het stip B, waaruit men de waarneming gedaan heeft, moet zoo wel in den omtrek van het eene cirkelstuk zijn als in dien van het ander: het ligt derhalve in de snijding der beide omtrekken, of in B, en is bepaald.

Zoodanige Graphische oplossing is zeer nuttig om, de zijden des driehoeks AIC, door middel van eene pleinschaal

fehaal in hare betrekkelijke grootte gesteld zijnde, ook na het vervaardigen van eene nauwkeurige figuur, op de pleinschaal de afstanden  $AB$ ,  $BI$ ,  $BC$ , en op een *transporteur* de hoeken  $IAB$ ,  $AIB$ ,  $BIC$ ,  $ICB$ ,  $BAC$ , en  $ACB$  te meten, en het begeerde dus, met eene, wel is waar niet groote, doch echter redelijke, en somtijds voldoende, nauwkeurigheid te kennen.

TRIGONOMETRISCHE OPLOSSING. Fig. 187 (\*).

- I. Daar in den driehoek  $AIC$  de drie zijden bekend zijn, berekent men eerst de hoeken  $IAC$ ,  $AIC$ , en  $ICA$ , door het vierde geval.
- II. Men onderstelle dat de cirkel  $BADC$  om den driehoek  $ABC$  beschreven zij: (VI. 3.) men trekke de lijn  $BI$  welke den omtrek in  $D$  snijdt: vervolgens  $AD$ , en  $CD$ . dan is:
  - 1°.  $\angle DCA = \angle ABD$
  - 2°.  $\angle DAC = \angle DBC$  } (V. 6) dus bekend.
  - 3°. Maar  $\angle IAD =$  verschil of som van  $\angle DAC$  en  $\angle IAC$ .
  - 4°. en  $\angle ICD =$  verschil of som van  $\angle DCA$  en  $\angle ICA$  dus zijn ook die beide hoeken  $IAD$  en  $ICD$  bekend.
- III. Gevolgelyk zijn in den  $\triangle ADC$  bekend de drie hoeken en de zijde  $AC$ ; dus vindt men  $AD$  en  $DC$  door het I. Geval.
- IV. In den driehoek  $DAI$  zijn bekend  $AI$  door de onderstelling,  $AD$  uit N°. III.  $\angle IAD$  uit N°. II. 3°. dus vindt men  $\angle ADI$  door het III. Geval: en insgelijks  $\angle CDI$  in den driehoek  $DCI$ .
- V. Maar  $\angle AIB = \angle DAI + \angle ADI$  } I. 15.  
 en  $\angle BIC = \angle IDC + \angle DCI$  } I. 15.  
 en zoo  $I$  buiten den cirkel valt is  
 $\angle AIB = \text{suppl. } (\angle DAI + \angle ADI)$  } I. 15.  
 $\angle BIC = \text{suppl. } (\angle IDC + \angle DCI)$  } I. 15.  
 Dus zijn die hoeken bekend.
- VI. Gevolgelyk zijn in  $\triangle AIB$  bekend,  $\angle AIB$ , door N°. V.  $\angle ABI$  en  $IA$  door de onderstelling: dus vindt men  $AB$ ,  $IB$ , en  $\angle IAB$  door het I. Geval.  
 Insgelijks vindt men in den  $\triangle ICB$ , de zijde  $CB$ , en  $\angle ICB$ : waaruit dan ook de hoeken  $CAB$  en  $ACB$  afgeleid worden, en dus het geheele Geval opgelost is.

AANMERKING Deze oplossing is vrij lang, want zij vereischt dat men, buiten den driehoek  $AIC$ , vijf driehoeken oplosse.

SNEL

(\*) Deze oplossing is door mij overgenomen uit de lessen van wijlen mijnen zeer geëerden amptgenoot den Heer Professor N. YPER.

SNELLIUS heeft ook eene trigonometrische oplossing uit zijne graphische afgeleid.

### I. ANALYTISCHE OPLOSSING (\*).

Het eerste voorwerp, van de regter hand af te tellen, wordt genoemd C, het tweede I, het derde, of het eerste aan de linker hand, A.

I. Als de waarnemer buiten den  $\Delta AIC$  (Fig. 189.) staat  
is  $\text{tang. } \angle ACB = \frac{-AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. [\angle IBC \mp \angle IAC]}{AI \sin. \angle ABC \cdot \cos. [\angle IBC \mp \angle IAC] - AC \sin. \angle ABI}$

II. En als de waarnemer binnen den  $\Delta AIC$  staat (Fig. 192.)  
is  $\text{tang. } \angle ACB = \frac{-AI \cdot \sin. \angle ABC \sin. [\angle IBC \mp \angle IAC]}{AI \sin. \angle ABC \cdot \cos. [\angle IBC \mp \angle IAC] + AC \sin. \angle ABI}$

OPHELDERING. 1°. Wanneer de teller *negatief* en de noemer *positief* is, is  $\text{tang. } \angle ACB$  *negatief* en dus  $\angle ACB > 90^\circ$ . Men moet dan voor  $\angle ACB$  het supplement nemen van den hoek die in de Tafel staat naast  $\text{tang. } \angle ACB$ . 2°. Wanneer de teller en de noemer, beide *positief*, of beide *negatief* zijn, is  $\text{tang. } \angle ACB$  *positief*, en dus die hoek  $< 90^\circ$ .

I. AANMERKING: Deze Analytische Oplossing gaat in de bewerking veel spoediger voort dan men in den eersten opslag zoude denken: om dat de noemer van de breuk gedeeltelijk uit de zelfde getallen bestaat als de teller, gelijk  $AI$ ,  $\sin. \angle ABC$ : of uit een' hoek  $[\angle IBC \mp \angle IAC]$  wiens *sinus* en *cosinus* op de zelfde bladzijde der Tafels gevonden worden. Het eenige dat lastig valt is de oplettenheid op de teekens: de gewoonte alleen kan dit gemakkelijk doen worden.

OPLOSSING voor het eerste Geval, wanneer de waarnemer buiten den driehoek staat. Fig. 189.

1°. In  $\Delta ABC$  is  $\sin. \angle ABC : AC \approx \sin. \angle BCA : AB$ ;

en derhalve 1°.  $AB = \frac{AC \cdot \sin. \angle BCA}{\sin. \angle ABC}$

In  $\Delta ABI$  is  $\sin. \angle ABI : AI \approx \sin. \angle AIB : AB$ ;

gevolgelyk 2°.  $AB = \frac{AI \cdot \sin. \angle AIB}{\sin. \angle ABI}$ .

Maar in de  $\Delta\Delta AZI$  en  $ZBC$  is  $\angle AIB + \angle IAC \approx \angle ACB + \angle IBC$ , en gevolgelyk  $\angle AIB \approx \angle ACB + \angle IBC - \angle IAC$ ;  
voor Fig. 188. is  $\angle AIB \approx \angle IAC + \angle AZB$  en  $\angle AZB \approx$

(\*) Ik gaf deze Oplossing, doch minder uitgewerkt, en zoo als zij in de eerste uitgave van dit werk verschenen is, in 1772. aan een' vriend welke mij dit vraagstuk had voorgesteld.

$\angle IBC + \angle ACB$ : derhalve  $\angle AIB = \angle IAC + \angle IBC + \angle ACB$ :

en dus in het algemeen.

3°.  $\angle AIB = \angle ACB + [\angle IBC + \angle IAC]$  (\*):

stellende deze waarde in N°. 2. komt

$$4^\circ \frac{AI \times \sin. (\angle ACB + [\angle IBC + \angle IAC])}{\sin. \angle ABI} = AB =$$

$$\frac{AC \times \sin. \angle BCA}{\sin. \angle ABC} \text{ uit N°. 1.}$$

waaruit volgt

$$5^\circ AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. (\angle ACB + [\angle IBC + \angle IAC]) = AC \cdot \sin. \angle BCA \sin. \angle ABI$$

maar

$$\sin. [\angle ACB + (\angle IBC + \angle IAC)] = \sin. \angle ACB \times \cos. [\angle IBC + \angle IAC] + \cos. \angle ACB \times \sin. [\angle IBC + \angle IAC].$$

Met dit in N°. 5. te stellen komt

$$6^\circ AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. \angle ACB \cdot \cos. [\angle IBC + \angle IAC] + AI \sin. \angle ABC \cdot \cos. \angle ACB \cdot \sin. [\angle IBC + \angle IAC] = AC \cdot \sin. \angle ACB \cdot \sin. \angle ABI: \text{derhalve}$$

$$7^\circ \sin \angle ACB \times AI \cdot \sin. \angle ACB \cdot \cos. [\angle IBC + \angle IAC] = \sin. \angle ACB \cdot AC \cdot \sin. \angle ABI =$$

$$= \cos. \angle ACB \cdot AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. (\angle IBC + \angle IAC)$$

waaruit volgt

$$8^\circ \frac{\sin. \angle ACB}{\cos. \angle ACB} = \tan. \angle ACB =$$

$$= \frac{AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. (\angle IBC + \angle IAC)}{AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \cos. (\angle IBC + \angle IAC) - AC \cdot \sin. \angle ABI.}$$

9°. Zoodra nu  $\angle ACB$  gevonden is kent men in den  $\Delta ACB$ , den gevonden hoek  $ACB$ , den gegeven hoek  $\angle ABC$ , de zijde  $AC$ : en derhalve berekent men daar uit den  $\angle CAB$ , en de zijden  $AB$  en  $BC$ : en daarna in  $\Delta AIB$ , de zijde  $IB$ , den  $\angle AIB$ , en eindelijk den  $\angle BIC$ .

II. AANMERKING. Wij hebben de uitdrukking  $\angle AIB = \angle ACB + [\angle IBC + \angle IAC]$  voor fig. 188 uit den aard van die figuur afgeleid: maar ze kan gemakkelijk uit de uitdrukking voor fig. 189, te weten uit  $\angle AIB = \angle ACB + [\angle IBC - \angle IAC]$  afgeleid worden: want in die figuur valt  $\angle IAC$  boven  $AC$ , en in fig. 188. onder  $AC$ : gevolgelyk is aldaar  $\angle IAC$  *negatief*, indien dezelve in fig. 189. als *positief* wordt aangemerkt: en dus moet het teeken  $-$  in  $+$  veranderd worden: en men heeft  $\angle AIB = \angle ACB + [\angle IBC + \angle IAC]$ .

II.

(\*) NB. Het bovenste teeken zoo I boven; het onderste zoo I onder  $AC$  valt.



III. AANMERKING. Het kan gebeuren dat  $\angle IBC = \angle IAC$ : dan is in fig. 189  $\angle IBC - \angle IAC = 0$ : derhalve  $\sin. [\angle IBC - \angle IAC] = 0$ : en dus de teller  $= 0$ : maar in dat geval is de noemer ook  $= 0$ : want dan is  $\cos. [\angle IBC - \angle IAC] = \cos. 0 = 1$ : dus wordt de noemer  $AI \sin. ABC - AC \sin. ABI$ : maar uit N°. 3. is  $\angle AIB = \angle ACB + [\angle IBC - \angle IAC]$  dat is, hier,  $\angle AIB = \angle ACB$ : en gevolglijk wordt in N°. 3.  $\frac{\sin. \angle ABC}{\sin. \angle AIB} = \frac{AC}{AI}$ : en  $AC \times \sin. \angle AIB = AI \times \sin. \angle ABC$ : waar door de noemer wordt  $= 0$ : en derhalve  $\tan. \angle ACB = \frac{0}{0}$ : gevolglijk is als dan die hoek onbepaald. Dit volgt ook uit de *graphische* oplossing: want om dat in dit geval, Fig. 190., de  $\angle IAC$  en  $\angle IBC$  aan elkander gelijk zijn, en op de zelfde choorde rusten, moeten zij in één en het zelfde cirkelstuk geplaatst zijn: derhalven smelten, in dit geval, de twee cirkelstukken  $ICB$  en  $IAB$  in één; en gevolglijk waar ook het stip  $C$  zich in den omtrek van dien cirkel bevinde, blijven de  $\angle ABI$ ,  $\angle IBC$ ,  $\angle ABC$  dezelfde hoe veel ook door de verschillende plaatsing van  $B$  de  $\angle ACB$ ,  $\angle CAB$ ,  $\angle AIB$ ,  $\angle BIC$ , en de lijnen  $AB$ ,  $BI$ ,  $CB$ , verschillende mogen worden.

IV. AANMERKING. Wanneer de drie voorwerpen  $A, I, C$  in ééne regte lijn zijn, is  $\angle IAC = 0$ :  $\angle ICA = 0$ : en de formule wordt

$$\tan. \angle ACB = \frac{AI \cdot \sin. \angle ABC \cdot \sin. \angle IBC}{AI \cdot \sin. \angle AIC \cdot \cos. \angle IBC - AC \sin. \angle ABI}$$

OPLOSSING van het tweede geval, wanneer de waarnemer binnen den driehoek  $ACI$  staat Fig. 192.

Men kan dit geval onmiddellijk bewijzen, op den zelfden voet als voor het eerste geschied is. Maar wij zullen ons vergenoegen met het bewijs uit dat van het eerste geval te ontleenen, en te doen aanmerken dat in het tweede geval de  $\angle ABI$ , ten opzichte der lijnen  $AB$  en  $BC$ , aan den anderen kant valt van het stip met betrekking tot het eerste geval, of tot Fig. 189 en 188: dat gevolglijk die hoek *negatief* wordt: waar door zijn *sinus* ook *negatief* is: en dus moet men in den noemer stellen  $+ AC \cdot \sin. \angle ABI$  in plaats van  $- AC \sin. ABI$ .

I. AANMERKING. In dit geval is  $\angle IBC$  altijd grooter dan  $\angle IAC$ : en derhalve kan het geen in de tweede Aanmerking op het eerste geval gezegd is hier geen plaats hebben.

II. AANMERKING. Daar in dit geval  $\angle ABI + \angle ABC + \angle IBC = 360^\circ$ , is  $\angle ABI + \angle IBC = 360^\circ - \angle ABC = 180^\circ + 180^\circ - \angle ABC = 180^\circ - \angle ABC + \angle BAC + \angle ACB - \angle ABC = 180^\circ + \angle BAC + \angle ACB$ : derhalve  $\angle ABI + \angle IBC > 180^\circ$ . In het eerste geval in tegendeel is  $\angle ABI + \angle IBC < 180^\circ$ . Derhalve, kan men daar uit alléén weten, al wist men het niet van elders, of  $B$  binnen dan wel buiten den driehoek  $ACI$  valt.

Indien  $\angle ABI + \angle IBC = 180^\circ$ : zoude  $B$  op de lijn  $AC$  vallen: dan zoude  $\angle ABC = 2 \angle$  zijn:  $\angle ACB = 0$ : en derhalve  $\tan. ACB = 0$ .

I. ALGEMEENE AANMERKING. Dit Voorstel is van een zeer groot nut, om op zee en op land door eene enkele waarneming den afstand en ligging van de plaats waar men zich bevindt, te bepalen, mits men drie voorwerpen hebbe, waarvan de afstand bekend is. En indien men in Fig. 187. uit een tweede stip G (en insgelijks uit meerdere stippen) de zelfde waarnemingen als uit B doet, zal men in den driehoek BAG de zijden AB, AG, en den hoek BAG bekend hebben: en dus ook BG en de hoeken ABG, AGB kunnen bepalen al kan men B uit G niet zien.

II. ALGEMEENE AANMERKING. Men vergunne mij de oplossing van den Heer DELAMBRE hier bij te voegen, zoo wel om dat zij in zich zelve nitmuntende is, als om dat zij door schranderere Wiskundigen voor de gemakkelijkste van alle gehouden wordt.

## II. ANALYTISCHE OPLOSSING.

$$BI = \frac{IC \sin. \angle ICB}{\sin. \angle IBC} = \frac{AI \sin. \angle IAB}{\sin. \angle ABI} \text{ (III. Voorst.)}$$

$$\text{das } IC \sin. \angle ABI. \sin. \angle ICB = AI \sin. \angle IBC.$$

$$\text{of } \sin. \angle IAB : \sin. \angle ICB = IC \frac{\sin. \angle IAB}{\sin. \angle IBC} : AI$$

$$\text{en } \sin. \angle IAB + \sin. \angle ICB : \sin. \angle IAB - \sin. \angle ICB = IC \sin. \angle ABI + AI \sin. \angle IBC : IC \sin. \angle ABI - AI \sin. \angle IBC \text{ (III. 5.)}$$

$$\text{maar } \frac{\sin. \angle IAB - \sin. \angle ICB}{\sin. \angle IAB + \sin. \angle ICB} = \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)}{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB + \angle ICB)} \text{ (III. 8.)}$$

$$\text{dus } \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)}{\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB + \angle ICB)} = \frac{IC \sin. \angle ABI - AI \sin. \angle IBC}{IC \sin. \angle ABI + AI \sin. \angle IBC} \text{ (VIII. 32. N°. 82.)}$$

$$\text{stel } \text{tang. } p = \frac{AI \sin. \angle IBC}{IC \sin. \angle ABI}$$

$$\text{dan is } \text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB) = \text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB + \angle ICB) \text{ tang. } (45^\circ - p), \text{ (VIII. 37.)}$$

$$\text{nu is } \angle IAB + \angle ICB = 360^\circ - (\angle ABC + \angle AIC) \text{ (Fig. 188, 189 (II. 29.)}$$

$$\angle IAB + \angle ICB = \angle AIC + \angle ABC \text{ (Fig. 190)}$$

$$\angle IAB + \angle ICB = \angle ABC - \angle AIC \text{ (Fig. 191)}$$

De som der hoeken IAB en ICB is dus in alle gevallen bekend,  
E c 3

kend, en het verschil der hoeken berekend: men kan derhalve iederen hoek afzonderlijk vinden, en dus het overige volgens het III. Voorstel berekenen.

AANMERKING. 1°. Indien  $p > 45^\circ$  is, is  $\text{tang. } (45^\circ - p)$  negatief, en zoo in dit geval  $\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB + \angle ICB)$  ook negatief is, is  $\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)$  positief.

2°. Indien  $p > 45^\circ$ , maar  $\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB + \angle ICB)$  positief: is  $\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)$  negatief: en dus  $\angle ICB > \angle IAB$ : want  $\frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)$  kan niet  $> 90^\circ$  zijn.

3°. Indien  $p < 45^\circ$ : en dus  $\text{tang. } (45^\circ - p)$  positief, en  $\text{tang. } \frac{1}{2} (\angle IAB - \angle ICB)$  negatief: is ook  $\angle ICB > \angle IAB$ .

ALGEMEENE AANMERKING over het eerste belangrijke geval. De Heer PICTET, Hoogleeraar te Geneve, heeft een instrument uitgedacht, waar door men bij het vervaardigen van kaarten, waarop reeds de hoofdpunten met de grootste naauwkeurigheid geplaatst zijn, het invullen van het overige zeer gemakkelijk, en met eene genoegsame naauwkeurigheid verrigt. Zie hier de beschrijving die er van gegeven is in de *Bibliothèque Britannique*, voor het jaar 1811, vol. XLII. p. 110.

Het werktuig bestaat uit een' halven cirkel waarvan de middellijn zich ver buiten den omtrek uitstrekt, als een liniaal, doch waarvan de eene kant door het middelpunt, gaat, het welk door een keepje wordt aangewezen. Om hetzelfde middelpunt bewegen zich nog twee linialen, die verlengde radii van den zelfden halven cirkel zijn, zich even ver als de eerste buiten den omtrek uitstrekken, en eenen nonius dragen, welke van 5' tot 5' aanwijst.

Bij het gebruik, schikt men de linialen zoo dat zij onderling hoeken maken gelijk aan die welke uit het bewuste stip dat op de kaart gesteld moet worden, tot drie andere plaatsen, reeds op de kaart te vinden, waargenomen zijn geworden. Het werktuig wordt op de kaart geschikt en verschikt, tot dat de drie linialen gaan door de gegeven plaatsen, ieder namelijk door die welke hij behoort aantewijzen. Als dit plaats heeft is het middelpunt des werktuigs het te bepalen stip. Hier door vermijdt men de geometrische constructiën, die anders nog al lastig vallen, en veel oplettenheid vereisfchen,

TWEEDE BELANGRIJK GEVAL IN DE PRAKTIJK.

XXII. VOORSTEL. Fig. 184 (\*).

Gegeven zijnde de afstand CD, indien men uit A en B de hoeken CAB, DAB, CBA, DBA meet, vraagt men de lengte van AB en de afstanden CA, CB, DA, DB.

I. OPLOSSING.

$$\begin{aligned} \text{Tang. } \angle CDA &= \frac{\sin. \angle CAD. \sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB}{\sin. \angle ABD \sin. \angle ACB \mp \cos. \angle CAD \sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB.} \\ &= \text{zoo } \angle CAD \text{ scherp: } + \text{ zoo } \angle CAD \text{ stomp is.} \\ AB &= \frac{\sin. \angle ACB. \sin. \angle CDA}{\sin. \angle CBA. \sin. \angle CAD} \times CD. \end{aligned}$$

BEWIJS. In de driehoeken ACB, ADB zijn de hoeken ACB en ADB bekend, dewijl de beide overige hoeken in elken driehoek bekend zijn.

Door de II. Oplossing van het III. Geval is

$$\begin{aligned} \text{tang. } \angle CDA &= \frac{CA \times \sin. \angle CAD}{AD \mp CA \times \cos. \angle CAD} \\ &= \frac{\sin. \angle CAD}{\frac{AD}{CA} \mp \cos. \angle CAD}. \end{aligned}$$

maar

$$\sin. \angle ACB : \sin. \angle CBA = AB : AC$$

$$\sin. \angle ABD : \sin. \angle ADB = AD : AB$$

dus

$$AD : AC = \sin. \angle ABD. \sin. \angle ACB : \sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB.$$

en

$$\frac{AD}{AC} = \frac{\sin. \angle ABD. \sin. \angle ACB}{\sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB}:$$

en dus

$$\text{Tang. } \angle CDA = \frac{\sin. \angle CAD}{\frac{\sin. \angle ABD \sin. \angle ACB}{\sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB} \mp \cos. \angle CAD}$$

=

(\*) Zie over dit Voorstel en eenige andere *Phil. Trans.* N<sup>o</sup>. 177 p. 1231.

$$= \frac{\sin. \angle CAD. \sin. \angle CBA. \sin. ADB}{\sin. \angle ABD. \sin. \angle ACB + \cos. \angle CAD. \sin. \angle CBA. \sin. \angle ADB.}$$

Dus wordt  $\angle CDA$  bekend: waaruit  $\angle ACD$  volgt: en voorts

$$AC = \frac{\sin. \angle CDA \times CD}{\sin. \angle CAD}$$

doch

$$AB = \frac{\sin. \angle ACB \times AC}{\sin. \angle CBA.}$$

en dus eindelijk

$$AB = \frac{\sin. \angle ACB \times \sin. \angle CDA \times CD}{\sin. \angle CBA. \sin. \angle CAD.}$$

waaruit al het overige bekend wordt.

## II. OPLOSSING.

Men kan dit Voorstel ook oplossen door het Gevolg van de eerste oplossing des derden Gevals voor de scheefhoekige driehoeken, te weten

$$AD = \frac{AB. \sin. \angle ABD}{\sin. \angle ADB.}$$

$$AC = \frac{AB. \sin. \angle ABC}{\sin. \angle ACB} : \text{derhalve}$$

$$\frac{AD}{AC} = \frac{\sin. \angle ABD. \sin. \angle ACB}{\sin. \angle ABC. \sin. \angle ADB.}$$

Dewijl alle grootheden in het tweede lid bekend zijn; stelle men

$$\frac{\sin. \angle ABD. \sin. \angle ACD}{\sin. \angle ABC. \sin. \angle ADB} = \text{tang. } a$$

$$\text{dan is } \frac{AD}{AC} = \text{tang. } a: \text{ en derhalve}$$

(III. Geval: Opl. II.)

$$\cot \frac{1}{2} (\angle ADC - \angle ACD) = \text{tang. } \frac{1}{2} \angle CAD \times \text{tang. } (45^\circ + a).$$

Waaruit de hoeken  $ADC$  en  $ACD$  bekend worden: en vervolgens al het overige kan worden berekend.

AANMERKING. Men moet in het nemen van den *cotangent* van het halve verschil der hoeken met oplettendheid te werk gaan: en stellen het verschil der hoeken over *noemer* en *teller*, dus in dit

dit voorbeeld moet men nemen  $\cot. \frac{1}{2} (\angle ADC - \angle ACD)$  en niet  $\cot. \frac{1}{2} (\angle ACD - \angle ADC)$ , om dat men anders ligtelijk in dwaling

kan vervallen: want indien  $\frac{AD}{AC} = \text{tang. } a > \text{tang. } 45^\circ$  is; is  $AD > AC$ : en dus  $\angle ACD > \angle ADC$ : hadt men nu gesteld  $\cot. \frac{1}{2} (\angle ACD - \angle ADC) = \text{tang. } \frac{1}{2} \angle CAD \times \text{tang. } (45^\circ + a)$  zoude  $\cot. \frac{1}{2} (\angle ACD - \angle ADC)$  negatief zijn: dus zoude deze *cotangent*, *cotangent* moeten zijn van een' *negatieven* boog, en derhalve  $\angle ADC > \angle ACD$ : dat ongerijmd is zoodra  $AD > AC$ .

Indien  $\frac{AD}{AC} = \text{tang. } a < \text{tang. } 45^\circ$ , en men stelde  $\cot. \frac{1}{2} (\angle ACD - \angle ADC) = \text{tang. } \frac{1}{2} \angle CAD \times \text{tang. } (45^\circ + a)$  moet dit product *negatief* zijn: om dat als dan  $\angle ADC > \angle ACD$ .

436 *X. Boek: Over de ligging en snijding der vlakken.*

**Bewijs.** Door de eerste bepaling: of regstreeks, of uit het ongerijmde: in het laatste geval onderstelt men dat het gedeelte  $ACKI$  in één vlak, het gedeelte  $IEK$  in een ander vlak ligt.

**I. GEVOLG.**

Wanneer drie stippen naar welgevallen gegeven zijn, kan men altijd onderstellen dat er een vlak door dezelve gaat: en de ligging van dat vlak is bepaald.

St. IX. 1. Gev. 2.

**II. GEVOLG. Fig. 197.**

Twee lijnen  $[AB, DC]$  die elkander snijden, liggen in een en het zelfde vlak.

EUCL. XI. 2. — St. IX. 3. — L. G. V. pr. 2.

**III. GEVOLG.**

Men kan altijd een vlak langs twee gegeven lijnen laten gaan; en deszelfs rigting is bepaald, door de ligging der lijnen.

L. G. V. 2.

**II. VOORSTEL. Fig. 193.**

Indien eene regte lijn  $[EF]$  in het stip  $[E]$ , daar twee lijnen  $[AB, DC]$  zich snijden, loodrecht op dezelve staat, staat zij ook loodrecht op alle de lijnen die in het vlak liggen dat door de twee gegeven lijnen gaat, en dus ook op dat vlak zelve.

EUCL. IX. 4. — St. IX. 4. — L. G. V. 4.

**BEREIDING.** Maak  $EA = EB$ ,  $EC = ED$ :

Trek  $AD$ ,  $CB$ , en door  $E$  de lijn  $PEQ$  naar willekeur, vervolgens  $FA$ ,  $FP$ ,  $FD$ ,  $FC$ ,  $FQ$ ,  $FB$ :

**Bewijs.** Uit I. 21. is in  $\triangle AED$  en  $CEB$ : 1°.  $AD = BC$ . 2°.  $\angle DAE = \angle ECB$ .

Uit I. 21. en 1°. en 2°. is in  $\triangle APE$  en  $EBQ$ . 3°.  $AP = BQ$ . 4°.  $PE = EQ$ .

Uit I. 21. is in  $\triangle AEF$  en  $FBE$ . 5°.  $AF = FB$ .

Uit I. 21. is in  $\triangle DFE$  en  $EFC$ : 6°.  $DF = FC$ .

Uit I. 26. en 1°, 5°, 6°, is 7°.  $\angle DAF = \angle FBC$ .

Uit I. 21. 7°, 3°, 5°. is in  $\triangle APF$  en  $BFQ$ . 8°.  $PF = FQ$ .

Uit

*X. Boek: Over de ligging en snijding der vlakken. 437.*

Uit I. 26. en  $8^\circ$ ,  $4^\circ$ . is in  $\Delta\Delta$  PEF en FEQ,  $9^\circ$ .  
 $\angle PEF = \angle FEQ$ .

d. i. I. Bep. 9. EF staat loodrecht op PQ: en dus ook op alle lijnen welke door E gaan en in het vlak RS liggen.

I. GEVOLG.

Uit een en het zelfde stip, het zij [F] boven het vlak, het zij [E] in het vlak, kan men maar ééne éénige lijn [FE] trekken, die loodrecht op het vlak is.

EUCL. XI. 13. — St. IX. def. 10. Gev. — L. G. V. 4. Gev. 2.

II. GEVOLG.

De loodrechte lijn is de kortste van alle de lijnen die men uit een stip [F] boven een vlak op het vlak kan laten vallen.

L. G. V. 4. Gev. 1.

I. AANMERKING. Fig. 196. Het blijkt, dat zoo men eene lijn DI naar welgevalen in een vlak trekt, daarop uit een stip F boven het vlak de lijn FC loodrecht laat vallen: verder uit C op DI de loodlijn CE in het vlak trekt, en dan uit F de lijn FE loodrecht op CE; dat dan de lijn FE ook loodrecht op het vlak zijn zal.

EUCL. XI. 11. — St. IX. 11.

III. GEVOLG.

De schuinsche lijnen [bijv. AF, FB Fig. 193] uit een stip F boven het vlak getogen, die even ver van de loodlijn afstaan, en dus ook met dezelve gelijke hoeken [AFE, BFE] maken; zijn even lang; en alle die even lang zijn, staan in den omtrek van een' cirkel, uit het stip F met eenen *radius* [FA] gelijk aan eene der lijnen, in het vlak zelve getrokken. En zoo twee schuinsche lijnen onderling ongelijk zijn, is die de kortste die, welke den kleinsten hoek met de loodlijn maakt.

St. IX. Bep. 10. Gev. — L. G. V. 5.

IV. GEVOLG. Fig. 194.

Indien eene lijn BD loodrecht op een vlak staat, staat ook alle de vlakken [zoo als AV] welke langs die lijn gaan loodrecht op het zelfde vlak.

EUCL. XI. 18. — St. IX. Bep. 13. Gev. 7. — L. G. V. 18.

V.



V. GEVOLG.

Indien men uit een stip B van een vlak AV dat loodrecht op een ander vlak PQ staat eene loodlijn op dat laatstgemelde vlak nederlaat, zal die lijn in de gemeene snede vallen.

EUCL. XI. 32.

VI. GEVOLG. Fig. 198.

Indien twee vlakken CD, AB, die elkander snijden, beide loodrecht op een derde vlak PQ staan, staat derzelver gemeene snede EF ook loodrecht op dat vlak.

EUCL. XI. 19. — St. IX. 6. — L. G. V. 19.

III. VOORSTEL. Fig. 199.

Indien eene rechte lijn [FE] loodrecht staat op drie lijnen [EA, EG, EC], in dat stip [E] waar die drie lijnen elkander snijden; liggen die lijnen in het zelfde vlak.

EUCL. XI. 5. — St. IX. 4. Gev.

BEWIJS. Uit het ongerijmde door het II. Voorstel: stellende bijv. dat de lijn EA in een vlak ligt dat van het vlak PQ, waarin de beide andere EG, EC liggen, verschillend is, en latende door FE en EA een vlak gaan, waarvan EO de gemeene snede is met het vlak PQ.

IV. VOORSTEL. Fig. 200.

Indien twee rechte lijnen [AB, CD] loodrecht op het zelfde vlak [PQ] staan, zijn zij onderling evenwijdig. En omgekeerd; indien twee rechte lijnen onderling evenwijdig zijn, en eene derzelve staat loodrecht op een vlak, is de andere ook loodrecht op dat vlak.

EUCL. XI. 6, 8. — St. IX. 7. — L. G. V. 7. en 1. Gev.

BEREIDING. Men stelt dat door de lijnen AB, CD een vlak ACDB gaat, waarvan BD de gemeene snede met PQ is.

BEWIJS. Uit het 4. Gev. van het II. Voorstel; en I. Bep. 10. Voor het II. uit het 3. Gev. van het II. Voorstel, en I. Bep. 10.

AANMERKING. Hieruit volgt wederom, dat, indien men uit eenig stip B in een vlak een loodlijn BA op dat vlak wil oprigten, men eerst uit eenig stip C buiten het vlak eene loodlijn CD op het zelve moet laten vallen, en dan uit het gegeven stip B eene lijn trekken die met de gemelde loodlijn evenwijdig is.

EUCL. XI. 12. — St. IX. 12.

**V. VOORSTEL.** Fig. 201.

Twee lijnen  $[AB, CD]$ , die elk evenwijdig zijn aan eene en dezelfde derde lijn  $[EF]$ , hoewel deze niet met de twee anderen in het zelfde vlak ligt, zijn ook onderling evenwijdig.

EUCL. XI. 9. — St. IX. 9.

BEREIDING. Men stelt dat er door  $EF$  en  $AB$  een vlak  $EQ$ , en door  $EF$  en  $CD$  een vlak  $EP$  ga. Men trekt uit eenig stip  $G$  van de lijn  $EF$ , de lijn  $GH$  loodregt op  $AB$ , en  $GK$  loodregt op  $CD$ , en eindelijk de lijn  $HK$ , en men stelt dat er een vlak door  $HGK$  ga.

BEWIJS. Uit het IV. Voorstel.

**VI. VOORSTEL.** Fig. 203.

Indien twee lijnen  $[AB, BC]$  in eenig vlak liggende eenen hoek  $[ABC]$  onderling maken, en in een ander vlak twee lijnen  $[DE, FE]$ , die insgelijks eenigen hoek  $[DEF]$  onderling maken, elk evenwijdig aan eene derzelve zijn; zullen die hoeken gelijk zijn, en de vlakken  $[ABC]$  en  $[DEF]$  die door de gemelde lijnen gaan, zullen ook onderling evenwijdig zijn.

EUCL. XI. 10 en 15. — St. IX. 10 en 14. — L. G. V. 13 en 14.

BEREIDING. Stel  $ED = AB$ :  $EF = BC$ : trek  $AD$ ,  $BE$ ,  $CF$ ,  $AC$ ,  $DF$ .

BEWIJS. Uit I. 30: X. 5: I. 26 en X. Bep. 6.

**VII. VOORSTEL.** Fig. 204.

Indien eene en dezelfde lijn  $[EF]$  loodregt staat op twee vlakken  $[PQ, RS]$ , zullen die vlakken evenwijdig aan elkander zijn.

EUCL. XI. 14. — St. IX. 13. — L. G. VI. 11.

BEREIDING. Men stelle dat er door de gegeven lijn  $EF$ , en eenige lijn  $EG$  in het vlak,  $PQ$  blijv., getrokken, een vlak  $EGHF$  gaat, waarvan de gemeene snede met  $RS$  de lijn  $FH$  is.

BEWIJS. Uit het 4 Gevolg van het II. Voorstel, en de VI. Bepaling.

**I. GEVOLG.**

Alle de loodlijnen die tusfchen twee vlakken, welke onder-

440 *X. Boek: Over de ligging en snijding der vlakken.*

derling evenwijdig zijn, getrokken kunnen worden, zijn gelijk. (Door L. 21. stellende  $HE = GE$ , en trekkende  $GF$ ).

L. G. V. 12.

AANMERKING. Hieruit worden de redenen afgeleid der Bepalingen waarvan wij in de Aanmerking op de VI. Bepaling gewag gemaakt hebben.

II. GEVOLG.

Indien twee evenwijdige vlakken door een derde vlak gesneden worden, zijn derzelve gemene sneden onderling evenwijdig.

EUCL. XI. 16.

VIII. VOORSTEL. Fig. 202.

Indien twee rechte lijnen  $[AB, CD]$  door evenwijdige vlakken  $[HG, LK, NM]$  gesneden worden, worden zij in de zelfde rede gesneden.

EUCL. XI. 17. — St. IX. 18. — L. G. V. 15.

BEWIJS. Uit het 2. Gevolg van het VII. Voorstel: IV. 2. en III, 10.

# ELFDE BOEK.

OVER DE LIGCHAMELIJKE FIGUREN DIE  
DOOR VLAKKE OPPERVLAKTEN BE-  
PAALD ZIJN.

## I. AFDEELING.

OVER DE LIGCHAMELIJKE HOEKEN.

### I. BEPALING.

Een *ligchaam*, of *ligchamelijke figuur*, is eene besloten figuur, die in lengte, breedte, en hoogte, of diepte, uitgestrekt is. Zij wordt dus door oppervlakten bepaald.

EUCL. XI. def. 1, 2. — St. IX. def. 1, 2.

AANMERKING. Die oppervlakten zijn, of vlak, of krom. In dit elfde Boek wordt alleen gesproken van lichamen door vlakke oppervlakten, of door *vlakken*, bepaald; in het twaalfde zullen wij over de andere handelen. De verschillende vlakken, welke een ligchaam bepalen, hebben onderling eene bepaalde helling, die dus ook *hoek* kan genoemd worden, maar van de vlakke hoeken verschilt, hoewel uit vlakke hoeken bestaande: men noemt denzelfden *ligchamelijken hoek*.

### II. BEPALING.

*Ligchamelijke hoek*, door anderen ook *veelvlakkige hoek* genoemd, is een hoek, die door drie of meerdere vlakke hoeken 'gevormt' is, welke in verschillende vlakken liggen, en wier toppen in een stip samenkomen.

EUCL. XI. def. 11. — St. IX. def. 15. — L. G. V. Bep. 6.

AANMERKING. In Fig. 205. bestaat de ligchamelijke hoek A uit drie vlakke hoeken CAB, CAD, DAB; in Fig. 206. bestaat de ligchamelijke hoek V uit vijf vlakke hoeken GVI, IVD, DVE, EVF, FVG. Dat er ten minsten drie vlakke hoeken moeten zijn om eenen ligchamelijken hoek te maken, valt in het oog.

Ff

L

## I. GEVOLG.

De toppen der vlakke hoeken die eenen ligchamelijken hoek uitmaken komen dus in één stip te samen; en een der beide beenen van iederen vlakken hoek, is tevens een der beenen van den naastliggenden.  $AB$  (Fig. 205.) is gemeen aan de hoeken  $CAB$ , en  $BAD$ :  $AD$  aan de hoeken  $BAD$ , en  $CAD$ :  $AC$  aan de hoeken  $CAD$  en  $BAC$ . Die beenen worden door sommigen de ribben (*les côtes*, ook *les arêtes*), en de vlakken, die tusfchen dezelven begrepen zijn, de vlakken of zijden (*les plans*) van den ligchamelijken hoek genoemd; terwijl het stip waarin zich de toppen der vlakke hoeken vereenigen, de top van denzelven is. Wij zullen die benamingen van ribben en vlakken, of zijden, behouden.

## II. GEVOLG. Fig. 205, 206.

Indien men op eene der ribben van een<sup>e</sup> ligchamelijken hoek een stip neemt, en door hetzelfde een vlak laat gaan dat de zijden (zoo noodig verlengd) van den ligchamelijken hoek snijdt, zullen de gemene sneden van die zijden en het gemelde vlak, op het zelve, eenen veelhoek daarstellen van zoo vele zijden als er vlakke hoeken zijn die den ligchamelijken hoek uitmaken; en dus eenen driehoek, vierhoek, vijfhoek, naar mate de gegeven ligchamelijke hoek uit drie, vier, vijf vlakke hoeken bestaat.

II. AANMERKING. Hierop komt, naar ons inzien, de 22 prop. van het XI. Boek van EUCLIDES uit: ten minsten voor zoo verre het gebruik betreft dat hij daarvan in de 23 propositie maakt: want de voorwaarde die hij opgeeft, dat twee van de drie gegeven platte hoeken grooter moeten zijn dan de derde, is slechts eene dier voorwaarden welke vereischt worden op dat er uit de drie gegeven platte hoeken een ligchamelijke hoek gemaakt zoude kunnen worden: de gelijkheid der ribben, die hij verder vordert, is op dat men zeker zoude zijn dat er door de uiteinden derzelve een vlak zoude kunnen gaan: hetwelk echter alleen doorgaat voor drie hoeken.

## III. GEVOLG.

Twee ligchamelijke hoeken zullen dus gelijk zijn, indien, wanneer de top voorondersteld wordt met den top overeen.tekomen, alle de vlakke hoeken, waaruit die ligchamelijke hoeken gevormd zijn, insgelijks overeenkomen:  
en

en gevolgelyk zijn twee ligchamelijke hoeken gelyk, wanneer zij gevormd worden door vlakke hoeken die gelyk zijn in getal, en boven dien in grootte, ieder aan ieder, en eindelijk onderling volgens de zelfde orde geplaatst zijn.

III. AANMERKING. De vlakke hoeken die twee ligchamelijke hoeken uitmaken, zouden gelyk kunnen zijn ieder aan ieder, zonder dat de ligchamelijke hoeken daat door gelyk waren, of, op elkander gesteld, zouden overeenkomen: te weten, indien gemelde vlakke hoeken in beide de ligchamelijke niet in de zelfde orde waren geplaatst. Zie ook L. G. V. 23. *Schol.*

IV. AANMERKING. De vlakken, welke eenen ligchamelijken hoek uitmaken, kunnen hunne, hoeken, of alle buitenwaarts, of gedeeltelyk buiten- en gedeeltelyk binnenwaarts gekeerd hebben: welke gevallen men behoort te onderscheiden zoo als uit de Aanmerking op het II. Voorstel blyken zal.

I. VOORSTEL. Fig. 205.

Indien een ligchamelijke hoek [A] uit drie vlakke hoeken [BAD, DAC, CAB] bestaat, zijn altijd twee derzelve te samen, grooter dan de derde.

EUCL. XI. 20. — St. IX. 19. — L. G. V. 21.

BEREIDING. Zij  $\angle BAC$  de grootste der drie: men stelle in het vlak dat langs CA en BA gaat,  $\angle BAE = \angle BAD$ :  $AE = AD$ : men trekke door E, BEC: vervolgens CD, BD.

BEWIS. Men bewijst eerst uit I. 21, dat  $BD = BE$ : vervolgens uit I. 19, dat  $BD + DC > BC$ : gevolgelyk  $DC > EC$ : waaruit door I. 18. door het nemen der som van  $\angle DAC$  en  $\angle BAD$ , en van  $\angle CAE$  en  $\angle EAB$  het besluit volgt.

II. VOORSTEL. Fig. 205.

Alle de vlakke hoeken welke eenen ligchamelijken hoek uitmaken zijn kleiner dan vier rechte hoeken.

EUCL. XI. 21. — St. IX. 20.

BEREIDING. Men neemt in ieder der ribben AC, AD, AB, een stip C, D, B, zoodanig dat door dezelve het vlak CDB gaan kan: hetwelk derhalven met de vlakken

F f a

langs

langs CA en AD, CA en AB, AB en AD gaande, ligchamelijke hoeken in B, C, D maakt.

**BEWIJS.** Men bewijst eerst uit het eerste Voorstel dat de som der zes vlakke hoeken  $[ABC, ABD, ACB, ACD, ADC, ADB]$  om B, om C, en om D grooter is dan de som der drie hoeken van den  $\triangle BCD$ : en dus dan twee rechte hoeken (I. 15.): die som aftrekkende van de som der hoeken in de driehoeken BAD, CAD, CAB, en de twee rechte hoeken van zes rechte hoeken die gelijk zijn aan de laatstgemelde som (I. 15.), verkrijgt men tot besluit het voorgestelde.

**I. AANMERKING.** Dit Bewijs is eigenlijk geschikt voor eenen ligchamelijken hoek uit drie vlakke hoeken bestaande: hoewel het zelve op andere meer samengestelde hoeken kan toegepast worden. Doch het volgende, door CLAVIUS voorgesteld, is meer algemeen.

In Fig. 206. zijn de hoeken van alle de driehoeken FVE, FVG, enz. die eenen vlakken hoek uitmaken, en waarvan de zijden EF, FG, enz. in een vlak liggen, gelijk aan twee maal zoo vele rechte hoeken, als het grondvlak zijden heeft. Maar alle de hoeken FGI, GFE, enz. van het grondvlak zijn gelijk aan het zelfde getal rechte hoeken, *min* vier (II. 29.); dus zijn alle de hoeken van gemelde driehoeken gelijk aan alle de hoeken van het grondvlak, *plus* vier rechte hoeken.

Dan, van alle die hoeken in de gemelde driehoeken zijn de twee, zoo als GFV, VFE, die eene gemeene ribbe VF hebben, grooter dan de hoek GFE van het grondvlak met welken zij eenen ligchamelijken hoek uitmaken: (I. Voorstel).

Gevolgelijk, dit wederzijds aftrekkende, heeft men de hoeken om den top, dat is, die welke den ligchamelijken hoek uitmaken, te samen kleiner dan vier rechte hoeken.

**II. AANMERKING.** Dit Voorstel geldt slechts wanneer alle de vlakke hoeken die eenen ligchamelijken hoek uitmaken buitenwaarts gekeerd, of alle uitspringende, zijn: maar niet zoo eenige denzelver uitspringende, andere inspringende zijn, zoo als zulks het eerst is opgemerkt door den Heer LE SAGE *Hist. de l'Acad. de Paris* A°. 1756. p. 77.  
Wij

Wij hebben in het XXX. Voorstel van het II. Boek iets dergelijks voor de veelhoeken aangeteekend.

**III. VOORSTEL. Fig. 207.**

Indien men uit den top  $[A]$  van een' ligchamelijken hoek uit drie vlakke hoeken  $[BAC, CAD, DAB]$  bestaande, eene loodlijn  $[AP]$  nederlaat op het driehoekig vlak  $[BCD]$ , het welk door de stippen  $[C, B, D]$  op ieder der ribben op gelijke afstanden  $[AC = AD = AB]$  van den top genomen, gaat; zal die loodlijn  $AP$  op het middelpunt vallen van den cirkel, welke om den gemelden driehoek  $[BCD]$  beschreven kan worden.

**BEREIDING.** Trek uit  $P$  de lijnen  $PB, PC, PD$ : men moet bewijzen dat deze gelijk zijn, het zij het stip  $P$  binnen, het zij het buiten den driehoek  $BCD$  valt.

**BEWIJS.** In de driehoeken  $PAC$  en  $DAP$  is  $AC = AD$ ,  $AP = AP$ , en  $\angle P$  regt: dus (I. 25.) is  $PD = PC$ : insgelijks, in  $\triangle PAC$  en  $PAB$ , is  $PC = PB$ : dus  $PD = PC = PB$ : en  $P$  is het middelpunt van den cirkel om den driehoek beschreven.

**I. GEVOLG.**

Dus  $\square$  op  $AP = \square$  op  $AC = \square$  op  $PC$  (II. 16. Gev. I.)

**II. GEVOLG.**

Hieruit blijkt hoe men uit drie gegeven vlakke hoeken, waarvan er twee grooter zijn dan de derde, en die te samen kleiner zijn dan vier regte, eenen ligchamelijken hoek maken kan.

Want men neme  $AB = AC = AD$ . Men trekke de grondlijnen  $BC, CD, BD$ : en make uit dezelve eenen driehoek (III. B. der Werkstukken, het I. Werkst.). Men beschrijve om dien driehoek eenen cirkel (VI. B. 5. Werkstuk) waarvan  $P$  het middelpunt is. Men rigte uit  $P$  op het vlak  $BCD$  eene loodlijn  $PA$  (X. 4. Aanmerking): men make  $PA$  zoodanig dat  $\square$  op  $PA = \square$  op  $AC = \square$  op  $PC$  (B. II. 26 Werkstuk): men trekke  $AB, AC, AD$ : en de vlakken die langs  $AB, AD$  en  $BD$ ;  $AB, AC$  en  $BC$ ;  $AC, AD$  en  $CD$  gaan; zullen den gevraagden ligchamelijken hoek uitmaken.



I. AANMERKING. Dit is het 23. Voorstel in het XI. B. van EUCLIDES. — L. G. V. 24.

II. AANMERKING. Dit Voorstel gaat niet door voor de lichamelijke hoeken die uit meer dan drie vlakke hoeken bestaan: om dat, al zijn de ribben (GV, FV, EV, DV, IV Fig. 206.) gelijk, de stippen G, F, E, D, I niet altijd in één vlak zijn: daar in tegendeel drie stippen B, C, D (Fig. 205.), zich altijd in één vlak bevinden. Doch wanneer dit plaats heeft voor den lichamelijken hoek uit meer dan drie platte hoeken samengesteld, dan heeft dit Voorstel ook plaats.

L. G. V. 25. Schol.

#### IV. VOORSTEL. Fig. 208.

Indien twee lichamelijke hoeken [A en F] uit drie vlakke hoeken bestaan, welke onderling gelijk zijn, ieder aan ieder [ $\angle DAC = \angle EFH$ :  $\angle CAB = \angle HFG$ :  $\angle DAB = \angle EFG$ ], zullen die vlakken [DAC en CAB, EFH en HFG] welke gelijke hoeken bezitten: de zelfde helling op elkander hebben.

L. G. V. 23.

BEREIDING. Men neme op de ribben AC en FH, AI = FM: men trekke uit I op de vlakken DAC en CAB, op AI de loodlijnen IK en IL: en uit M op de vlakken EFH en HFG, op FM de loodlijnen MN en MO: Dan zijn de  $\angle KIL$  en  $\angle NMO$  de helling der vlakken DAC en CAB, en der vlakken EFH en HFG op elkander (X. Bep. 5.). Ik zeg dat  $\angle KIL = \angle NMO$ .

BEWIJS. In  $\triangle KAI$  en  $\triangle NFM$  is (I. 21.) 1°.  $KI = NM$ : 2°.  $AK = FN$ . En in  $\triangle IAL$  en  $\triangle MFO$  is insgelijks: 3°.  $IL = MO$ : 4°.  $AL = FO$ . In  $\triangle KAL$  en  $\triangle NFO$  is (onderstell.: en N°. 2 en 4°. ) door I. 21. 5°.  $KL = NO$ : derhalve is in  $\triangle KIL$  en  $\triangle NMO$  uit 1°, 3°, 5° en I. 4  $\angle KIL = \angle NMO$ .

#### V. VOORSTEL. Fig. 209.

Twee lichamelijke hoeken [F en A] ieder uit drie vlakke hoeken [GFH, GFI, IFH, en MAD, MAC, CAD] bestaande, zijn gelijk; indien, wanneer in beiden een

een vlakke hoek gelijk is, [ $\angle GFH \equiv \angle MAD$ ] de ribben die over die gelijke hoeken staan, in beiden, met het vlak van dien hoek de zelfde helling hebben [ $\angle IFL \equiv \angle CAE$ ]: en het vlak dat langs die ribbe loodrecht op het vlak van den gelijken hoek staat, denzelfden in beiden in de zelfde rede verdeelt.

**BEREIDING.** Zij  $IL$  de loodlijn uit  $I$  op het vlak  $FGH$  neder gelaten: trek  $FL$  en door  $L$  de lijn  $GLH$ : vervolgens  $FI$ ,  $IH$ .

Zij  $CA \equiv FI$ :  $CE$  de loodlijn uit  $C$  op het vlak  $MAD$  neder gelaten: trek  $AE$ : dus is (X. Bep. 4.)  $\angle CAE \equiv \angle IFL$ .

Zij  $MA \equiv GF$ : trek door  $M$  en  $E$  de lijn  $MED$ : vervolgens  $MC$ ,  $CD$ .

Men moet bewijzen dat  $\angle MAC \equiv \angle GFI$  en  $\angle CAD \equiv \angle IFH$ .

**BEWIJS.** In de driehoeken  $FLI$  en  $AEC$ , is  $AC \equiv FI$ :  $\angle CAE \equiv \angle IFL$ :  $\angle FLI \equiv \angle AEC \equiv L$  dus 1°.  $AE \equiv FL$ :  $LI \equiv EC$ : (I. 22.)

verder  $\angle GFL$ :  $\angle LFH \equiv \angle MAE$ :  $\angle EAD$ . (onderstell.) dus (III. 8.)

$\angle GFL + \angle LFH$ :  $\angle MAE + \angle EAD \equiv \angle GFL$ :  
 $\angle MAE \equiv \angle LFH$ :  $\angle EAD$ ,  
 of

$\angle GFH$ :  $\angle MAD \equiv \angle GFL$ :  $\angle MAE \equiv \angle LFH$ :  
 $\angle EAD$

en dus (IH. 4.) om dat  $\angle GFH \equiv \angle MAD$

is 2°.  $\angle GFL \equiv \angle MAE$  en  $\angle LFH \equiv \angle EAD$ .

Dus is in de  $\Delta\Delta$   $GFL$  en  $MAE$ ,

$GF \equiv MA$ :  $FL \equiv AE$ : en  $\angle GFL \equiv \angle MAE$  (N°. 2.)

dus 3°.  $\angle FGL \equiv \angle AME$ : en  $GL \equiv ME$ . (I. 21.)

4°. Op de zelfde wijze in  $\Delta\Delta$   $LFH$  en  $EAD$  is  $LH \equiv ED$ .

En dus, in  $\Delta\Delta$   $GLI$  en  $MEC$ , is

$LI \equiv EC$  (N°. 1.):  $GL \equiv ME$  (N°. 3.)

$\angle GLI \equiv L \equiv \angle MEC$ : dus (I. 21.)

5°.  $MC \equiv GI$ .

6°. Op de zelfde wijze:  $IH \equiv CD$ :

dus is in  $\Delta\Delta$   $GFI$  en  $MAC$ ,  $GF \equiv MA$ :  $FI \equiv AC$  (bereid): en  $GI \equiv MC$  N°. 5. dus

Ff 4

7°.

7°.  $\angle GFI = \angle MAC$  (I. 26.) en op de zelfde wijze  $\angle IFH = \angle CAD$ .

### I. GEVOLG.

Hieruit blijkt, dat, om in een gegeven stip A van eene gegeven lijn AM, eenen ligchamelijken hoek gelijk aan eenen ligchamelijken hoek F te maken, men niets te doen heeft, dan uit I de loodlijn IL te laten vallen, FL te trekken, vervolgens  $\angle MAD = \angle GFH$ ,  $MA = GF$ ,  $AD = FH$ ,  $\angle MAE = \angle GFL$ ,  $AE = FL$  te maken: uit E, EC loodregt op het vlak MAD te rigten: EC gelijk aan LI te maken, en dan AC te trekken: de vlakken die langs MA en AC, en langs CA en AD gaan, zullen met het vlak MAD in A eenen ligchamelijken hoek maken gelijk aan den gegeven hoek F.

EUCL. XI. 26. — L. G. V. 24.

### II. GEVOLG.

Het omgekeerde van dit Voorstel, waarvan de waarheid in het oog valt, levert de 35 propositie van EUCLIDES XI. Boek op: namelijk: „indien twee vlakke hoeken, GFH, „MAD, onderling gelijk zijn, en men uit de toppen F „en A twee regte lijnen FI, AC, in een ander vlak „trekt, welke met de zijden der gegeven hoeken, hoe- „ken maken die onderling gelijk zijn: namelijk  $\angle MAC$  „ $= \angle GFI$ :  $\angle CAD = \angle IFH$ : en men uit eenige „stippen C en I in die lijnen, op de vlakken der gege- „vene hoeken MAD, GFH loodlijnen CE, IL laat val- „len, en de stippen daar die loodlijnen vallen met de „toppen dier hoeken door lijnen (EA, LF) vereenigt: „zullen de hoeken EAC, LFI, welke die lijnen met de „gemelde loodlijnen maken, onderling gelijk zijn.”

## II. A F D E E L I N G.

### OVER DE LICCHAMEN DIE DOOR VLAKKE OPPERVLAKTEN BEPAALD WORDEN.

#### III. BEPALING.

*Veelvlakkige* of *veelkantige* lichamen (*solide polyèdre*: of *polyèdre*; *polyhedrum*), worden genoemd alle lichamelijke figuren, die uit vlakke *oppervlakten* samengesteld zijn. Die vlakke oppervlakten zijn door regte lijnen bepaald.

L. G. VI. def. 1.

**I. AANMERKING.** Men noemt die lichamen, wanneer zij voor het overige, geen bijzondere naam dragen, naar het aantal der vlakken waaruit zij bestaan, *viervlakkige*, *vijfvlakkige*, enz. En het blijkt duidelijk dat geen ligchaam uit minder dan uit vier vlakken kan bestaan: daar geen lichamelijke hoek uit minder dan uit drie vlakke hoeken, of *zijden*, bestaan kan: die, zullen zij eene gesloten en bepaalde figuur uitmaken, door een vierde vlak moeten veréénigd worden.

**II. AANMERKING.** Men moet dan in veelvlakkige lichamelijke figuren letten, op het getal, en de gedaante der vlakken waaruit zij bestaan: op het getal en den aard der vlakke hoeken, welke iederen lichamelijken hoek uitmaken: op het getal van *ribben* welke de op elkander hellende vlakken daar stellen: en op den hoek welke twee naastliggende vlakken met elkander maken.

#### IV. BEPALING.

Wanneer men een der vlakken, uit welke de lichamelijke figuur bestaat, voor *basis*, of *grondvlak*, aanneemt, noemt men *hoogte* van de figuur de loodlijn die uit den top van de figuur op dat grondvlak neder gelaten is: of, zoo het meest verhevene vlak van de figuur evenwijdig is aan het grondvlak, is de hoogte van de figuur de loodlijn die tusschen die twee evenwijdige vlakken begrepen is.

L. G. VI. def. 6, 12.

**AANMERKING.** De reden blijkt uit de Bepaling. En men  
Ff 5 ziet

## *XI. Boek: Over de ligchamelijke figuren.*

ziet dat het ~~geen~~ men *basis* noemt, voor de platte figuren eene *lijn*, <sup>voor de ligchamelijke</sup> een vlak is: zoo dat men in het eerste geval van *grondlijnen*, in het laatste van *grondvlakken* spreekt.

### V. BEPALING.

De *inhoud* van eene ligchamelijke figuur is de ruimte begrepen tusschen de oppervlakten welke de figuur bepalen: en gevolgelyk zijn twee ligchamelijke figuren *gelijk*, dat is, hare inhouden zijn gelijk, wanneer die ingesloten ruimten gelijk zijn.

I. AANMERKING. Anderen dragen de zaak dus voor. Indien twee lichamen ieder door vlakken, welke bestendig aan eene hunner oppervlakten evenwijdig zijn, gedeeld worden, zullen de lichamen gelijk zijn, wanneer de vlakken door de zelfde snede in ieder lichaam gevormd, bestendig gelijk zijn, ieder aan ieder. Zij beschouwen die vlakken, welke door eene dergelyke verdeling geboren worden, als zijnde de *samenstellende deelen*, uit welke de gegeven lichamen gevormd worden. Deze redenering komt dan hier op uit: wanneer de samenstellende deelen, welke twee lichamen uitmaken, gelijk zijn, ieder aan ieder, evenveel in getal, en op dezelfde wijze geplaatst, zullen die lichamen gelijk zijn. Dit is buiten twiifel: doch op welke wijze zal men over de gelijkheid van die *samenstellende deelen* oordeelen? De schryvers, van welke wij hier spreken, stellen dat die deelen oneindig *dun* zijn, om dus de lichamen als uit een *oneindig getal vlakken samengesteld*, te kunnen beschouwen, het geen mij voorkomt van de mathematische nauwkeurigheid afte wijken, en valsche denkbeelden in te boezemen, en dus geheel verworpen te moeten worden.

Art. XI 1. Aanm. op de 4.<sup>e</sup> def.

II. AANMERKING. De Wiskunstenaars letten, in het denkbeeld dat zij zich van lichamen vormen, alleen op de grootte, het getal, en de plaatsing der oppervlakten, waaruit die lichamen bestaan, dat is, door welken zij omvat worden; en geenszins op het geen de Natuurkundigen *ondoordringbaarheid* noemen: waarom dan ook de Wiskunstenaars verscheiden lichamen op het zelfde grondvlak plaatsen, hoewel zulks voor wezenlijke en ondoordringbare lichamen onmogelyk is.

## VI. BEPALING.

*Gelijkvormige lichamen* zijn die, wier vlakken gelijk in getal, gelijkvormig, en gelijkelijk geplaatst zijn.

EUCL. VI. def. 9. — St. IX. Bep. 3.

AANMERKING. In gelijkvormige lichamen zijn dan de eveneensgeplaatste lichamelijke hoeken gelijk, en de vlakken uit welke deze gevormd worden, zijn gelijkvormig, d. i. de vlakke hoeken zijn in dezelve gelijk, en de zijden om die hoeken zijn evenredig: waar door deze bepaling van gelijkvormigheid met de I. Bepaling van het IV. Boek overeenkomt.

## VII. BEPALING.

*Gelijkhaltige en gelijkvormige lichamen* zijn die, welke door gelijkvormige vlakken, gelijk in getal en in grootte, begrepen, of omvat, worden.

EUCL. XI. def. 10. — St. IX. Bep. 4.

AANMERKING. Men moet voor de lichamelijke figuren, even als voor de platte, behoorlijk onderscheiden tuschen *gelijk*, dat is *gelijk in alle opzichten*, wanneer alle deelen gelijk zijn, ieder aan ieder, gelijkelijk geplaatst, en, in den zelfden rang genomen, ook gelijkelijk op eikander hellen: en tuschen *gelijkhaltig* te zijn. Dit laatste geldt voor figuren die, zelfs zeer veel, in gedaante verschillen. Wij zullen dit verschil, ook voor de teekens, bestendig in het oog houden.


## VIII. BEPALING.

Een *Prisma* of *Zuil*, is een lichaam door verscheiden vlakken omvat of begrepen, van welken er twee gelijk en gelijkvormig, over elkander gesteld, en aan elkander evenwijdig zijn. Die twee kunnen *bases*, of *grondvlakken*, van het *prisma* of van de *zuil* genoemd worden.

EUCL. XI. def. 18. — St. IX. Bep. 7. — L. G. VI. def. 4.

### I. GEVOLG.

De vlakken die, in een *prisma* of *zuil*, de beide grondvlakken vereenigen zijn *parallelogrammen*.

Immers: om dat de beide grondvlakken (Fig. 210.)  $ABCKH$  en  $GIDEF$  gelijk en evenwijdig zijn, is  $AH \parallel GF$ : dus ook  $AG \parallel HF$ : dat is  $AHGF$  is een : en zoo voor alle de zijden.

II.

## II. GEVOLG.

Naarmate de grondvlakken, driehoeken, vierhoeken, vijfhoeken, enz. zijn, wordt de *zuil* of het *prisma* driekantig, vierkantig, vijfkantig, enz. genoemd. De *zuil* van Fig. 210. is vijfkantig: die van Fig. 222. driekantig: en van Fig. 212. is vierkantig.

L. G. VI. def. 8.

## III. GEVOLG.

Het *prisma*, of de *zuil*, is *regthoekig* of *scheefhoekig*, naar mate de *parallelogrammen*, die de grondvlakken vereenigen, *regthoekig*, dat is, *regthoeken*, of *scheefhoekig* zijn. — Verder, indien het *prisma*, of de *zuil*, *regthoekig* is, en de grondvlakken regelmatige veelhoeken zijn, kan men de *zuil* regelmatig noemen.

St. IX. Bep. 8. — L. G. VI. def. 6.

## IV. GEVOLG.

Men kan het *prisma*, of de *zuil*, in zoo vele driekantige *zuilen* verdeelen, als het grondvlak in driehoeken verdeeld kan worden: dat is in zoo vele driehoeken als er zijden in het grondvlak zijn, min twee: zoo als Fig. 210. GAHBI F, FHBI EK, IBKCDE.

I. AANMERKING. Sommigen beschouwen het *prisma*, of de *zuil*, als geboren door de evenwijdige beweging van het grondvlak, volgens eene lijn die, of loodregt, of schuins, op de zijde van het grondvlak staat: als de moet, het spoor, door eene dergelijke beweging van het grondvlak nagelaten.

WOLF, *Elem. Math.* g. §. 436.

II. AANMERKING. Wij zullen bestendig tot grondvlakken der zuilen die vlakken aannemen, welke wij in deze Bepaling grondvlakken genoemd hebben: doch EUCLIDES neemt dan eens een der parallelogrammen, dan eens een der vlakken welke de parallelogrammen vereenigen voor grondvlak aan: zoo als duidelijk uit de 40 propositie van zijn XI. Boek blijkt: eene onderscheiding, waarop men letten moet om geene feilen te begaan.

## V. GEVOLG.

Het blijkt uit de VI. Bepaling, dat twee *prismas* *ge-*  
*lijk-*

*lijkvormig* zullen zijn, wanneer de grondvlakken gelijkvormige veelhoeken zijn, en de opstaande parallelogrammen insgelijks alle gelijkvormig zijn: en dus zullen, wat de zijden betreft, de zijden van de grondvlakken evenredig tot elkander zijn; en de zijden van de opstaande parallelogrammen zullen het insgelijks moeten zijn.

### IX. BEPALING.

Een *Parallelepipedum*, of *Balk*, is eene ligchamelijke Figuur, welke omvat of begrepen wordt door zes vlakken, waarvan die, welke tegen over elkander staan, gelijk en evenwijdig aan elkander zijn. Het *parallelepipedum* wordt *regthoekig* (Fig. 212.) genoemd, wanneer die vlakken alle regthoekig, en dus regthoekig met elkander veréénigd, zijn: *scheefhoekig* (zoo als M H A B D L K N M Fig. 215.) wanneer die vlakken scheefhoekig, en dus scheefhoekig veréénigd, zijn.

EUCL. XI. Bep. 30. volgens sommige uitgaven. — St. IX. Bep. 5, 6. — L. G. VI. def. 9.

I. AANMERKING. Het blijkt dat het *parallelepipedum* eene bepaalde soort van *prisma* is: te weten, een vierkantig *prisma*, waarvan het grondvlak een parallelogram; of een regthoek, is.

### I. GEVOLG.

De vlakken, die een *parallelepipedum* nitmaken, zijn dus *parallelogrammen*, waarvan de tegenoverstaande gelijk zijn: zoo als gemakkelijk en uit deze Bepaling, en uit het XXXI. Voorstel van het I. Boek afte leiden is.

L. G. VI. p. 4.

EUCL. XI. 24. alwaar bewezen wordt, dat, indien een ligchaam uit evenwijdige vlakken bestaat, de tegenoverstaande vlakken onderling gelijk, en parallelogrammen zijn: een dergelijk ligchaam wordt in de volgende propositiën door EUCLIDES een *parallelepipedum* genoemd, zonder verdere voorafgaande bepaling.

II. AANMERKING. Men ziet hieruit hoe men de zes regthoeken, waaruit een regthoekig *parallelepipedum* gevormd wordt, op het papier moet stellen. op dat dezelve alleen door omvouwing het *parallelepipedum* zouden uitmaken; men stelt namelijk (Fig. 211.) vier regthoekige *parallelogrammen* onder



der elkander: het eerste en het derde gelijk aan elkander; het tweede en het vierde insgelijks gelijk aan elkander. Verder stelt men aan elke zijde van het tweede een ander, die elkander gelijk zijn: dan worden het eerste en derde twee zijden, het tweede en vierde de onderste en bovenste oppervlakte: waar door het vijfde en zesde of de twee overige zijden van zelven volgen.

Het zelfde heeft plaats voor een *parallelepipedum*, dat niet regthoekig is: behalven 1<sup>o</sup>. dat dan de *parallelogrammen* N<sup>o</sup>. 1 en 3, insgelijks N<sup>o</sup>. 2 en 4, niet alleen onderling gelijk, maar ook gelijkvormig zijn moeten: 2<sup>o</sup>. dat dan, zoo dra de grootte en gedaante dier *parallelogrammen*, N. 1 en 3, N<sup>o</sup>. 2 en 4, bepaald is, zoo als de helling van N<sup>o</sup>. 1 en 3 op het vlak van N<sup>o</sup>. 2, de *parallelogrammen* N<sup>o</sup>. 5 en 6 ook bepaald zijn: hunne zijden immers zijn die van N<sup>o</sup>. 2, en N<sup>o</sup>. 3, en de hoeken die welke de zijden der *parallelogrammen* N<sup>o</sup>. 1 en N<sup>o</sup>. 3 na de omvouwling met het vlak van N<sup>o</sup>. 2 uitmaken.

III. AANMERKING. Sommigen beschouwen een *parallelepipedum* als gevormd door de aan zich zelve evenwijdige beweging van een *parallelogram*, dat voortgaat, beständig met een bepaalden hoek hellende op het vlak waarop het zich evenwijdig aan zich zelve beweegt.

#### II. GEVOLG. Fig. 214 en 215.

Men zegt dat een *parallelepipedum* uit drie lijnen [AN, NK, NM], gemaakt wordt, wanneer het grondvlak een *parallelogram* is, uit twee derzelve gemaakt, en de opstaande *parallelogrammen* ieder uit eene van die twee, en uit de derde gemaakt worden: doch als dan verschillen de *parallelepipeda* uit de zelfde lijnen gemaakt, naar mate van de ongelijkheid der hoeken van de gemelde *parallelogrammen*. Gevolgelyk is een *parallelepipedum*, uit drie gegeven lijnen gemaakt, niet van eene bestendige grootte of inhoud; ten zij de grootte der hoeken, zoo wel van het grondvlak als van de opstaande *parallelogrammen*, bepaald en gegeven zij. — Daar nu rechte hoeken alle gelijk aan elkander zijn, volgt het dat een regthoekig *parallelepipedum* uit drie gegeven lijnen gemaakt, eene bestendige en gegeven grootte heeft.

IV. AANMERKING. Dit Gevolg heeft veel overeenkomst met het geen in het II. Boek, Bep. 5: Aanm. 3. gezegd is, wegens de *parallelogrammen* en regthoeken. Doch bij deze werd

## II. Afd.: Over de licham. met vlakke oppervlakten. 455

werdt maar van twee lijnen gesproken, die genoeg zijn voor eene vlakke figuur, alleen uit lengte en breedte bestaande: hier wordt er van drie lijnen gesproken, die bij eene lichamelijke figuur, welke lengte, breedte, en dikte, d. i. drie afmetingen, heeft, vereischt worden.

### III. GEVOLG. Fig. 212 en 214.

Indien twee *parallelepipeda* onderling gelijkvormig zijn, moeten de eveneensgeplaatste hoeken der parallelogrammen, uit welke zij bestaan, gelijk, en de drie lijnen waaruit zij gevormd worden, evenredig zijn.

Want door de bepaling moet men hebben:

$$\square AG \sim \square AK; \square AF \sim \square AM;$$

$$\text{en } \square HE \sim \square NL; \text{ en dus ook}$$

$$\left. \begin{aligned} AH: AN &= HG: NK; \\ HG: NK &= HF: NM; \\ HF: NM &= AH: AN; \end{aligned} \right\} \text{(IV. 1. Bep.)}$$

dat is

$$AH: HG: HF = AN: NK: NM.$$

En twee regthoekige *parallelepipeda* zullen gelijkvormig zijn, wanneer de drie lijnen waaruit zij bestaan evenredig zijn.

Dit Gevoig komt overeen met EUCL. XI. 27.

### X. BEPALING.

Indien de zes parallelogrammen waaruit een *parallelepipedum* bestaat, vierkanten zijn, en dus onderling aan elkander gelijk; wordt de Figuur een *Cubus*, of *Taerling*, genoemd.

L. G. VI. def. 10.

### I. GEVOLG.

Een *Cubus* van, of op, eene lijn, is dus een *Cubus* waarvan de hoogte de gegeven lijn, en het grondvlak het vierkant op de gegeven lijn is: een *Cubus* wordt dus uit eene gegeven lijn, of liever uit drie gelijke lijnen, regthoekig gevormd, even als een *parallelepipedum* uit drie ongelijke lijnen, die ook wel scheefhoekig onderling samengesteld worden.

EUCL. XI. def. 25. — SZ. X. def. 2.

II.

## II. GEVOLG.

Alle *Cubi* zijn onderling gelijkvormig. (IX. Bep. 3 Gev.)

## XI. BEPALING. Fig. 212.

De lijnen [BF, AE] welke in een *prisma*, of in een *parallelepipedum* uit een der ligchamelijke hoeken naar tegenovergestelden getrokken worden: dragen den naam van *diagonalen*.

L. G. VI. def. 15.

## VI. VOORSTEL. Fig. 212.

Indien men een *parallelepipedum* [AE] deelt door een vlak, dat door de diagonalen der tegenover elkander staande parallelogrammen [BD en GF] gaat; zal het zelve in twee gelijke en gelijkvormige deelen verdeeld worden.

EUCL. XI. 28. — L. G. VI. 6.

BEWIJS. Uit I. 31. en het I. Gevolg. van de IX. Bepaling.

## I. GEVOLG.

De twee deelen waarin het *parallelepipedum* op die wijze verdeeld wordt, zijn driehoekige *prismas*, of zuilen. (VIII. Bepaling).

AANMERKING. Het vlak BDFG gaande door de diagonalen BD, EG der  $\square \square$  ABCD, HGEF, gaat ook door de aan elkander tegenovergestelde, en onderling evenwijdige ribben BG, DF: waarom sommigen dit Voorstel aldus uitdrukken: „het vlak dat door de tegenovergestelde, en onderling evenwijdige ribben gaat. verdeelt „het *parallelepipedum* in twee driehoekige *prismas*.

## II. GEVOLG.

Dus is een driehoekig *prisma* de helft van een *parallelepipedum*, wiens grondvlak het aangevulde parallelogram van het grondvlak van het *prisma* is, en wiens opstaande vlakken de parallelogrammen zijn van het *prisma*, welke op de zijden van deszelfs grondvlak staan, en de zelfde helling op het grondvlak hebben.

## III. GEVOLG.

Indien men de diagonaal BF van dit vlak BDFG treke,  
kan

## II. Afd.: Over de ligcham. met vlakke oppervlakten. 457


kon men dezelve als de *diagonaal* van het *parallelepipedum* aanzien: zoo als ook de lijn van den hoek A tot den hoek E getrokken, diagonaal zijn zoude: en het is niet minder klaarblijkelijk, dat deze diagonalen zich in één stip ontmoeten, en zich aldaar in twee gelijke deelen snijden: gelijk ook, indien men, zoo als in Figuur 217, vlakken  $PVXM$ ,  $OUTI$ ,  $KRWY$  door het midden der tegen over elkander staande zijden liet gaan, de gemeene sneden dier vlakken en de diagonalen zich onderling in het gemelde stip in twee gelijke deelen snijden zouden.

EUCL. XI. 39. — L. G. VI. 5.

### VII. VOORSTEL. Fig. 213.

Indien een *parallelepipedum*  $[BF]$ , door een vlak  $[GC]$  gesneden wordt dat evenwijdig is aan de tegen over elkander staande vlakken  $[BH, LM]$  zullen de deelen  $[BG, GD]$  tot elkander staan als hune grondvlakken  $[IG, GM]$ .

EUCL. XI. 25.

**BEREIDING.** Men verlange de lijn  $HGF$ ,  $INM$  wederzijds: en neme in dezelve een getal deelen, ieder gelijk aan  $HG$  aan den eenen, en ieder gelijk aan  $GF$ , aan den anderen kant: Men volmake de   $PH$ ,  $UQ$  enz.,  $FE$ ,  $Ec$  enz. zoo als ook de ligchamen  $MH$ ,  $RQ$ ,  $FV$ ,  $Vc$  enz. welke alle gelijke *parallelepipeda* zijn zullen (9. Bepaling) en alle slechts, als het ware, de verlenging van het gegeven *parallelepipedum* uitmaken.

**BEWIJS.** Uit het 3. Voorstel van het III. Boek.

**AANMERKING.** Het is volstrekt het zelfde bewijs als dat van het VI. Voorstel van het IV Boek: en men ziet dat beide de Voorstellen ook van den zelfden aard zijn. Zij hebben het zelfde onderwerp, doch het eene dient voor de driehoeken of parallelogrammen, het andere voor de *parallelepipeda*.

### VIII. VOORSTEL. Fig. 214, 215.

*Parallelepipeda*  $[MB, NE]$  die op het zelfde grondvlak staan  $[KLMN]$ , en de zelfde hoogte hebben, en dus tuschen de zelfde evenwijdige vlakken begrepen zijn, zijn gelijkhaltig.

EUCL. XI. 29, 30. — St. X. 2. — L. G. VI. 9.

**I. GEVAL.** Fig. 214. Wanneer de parallelogrammen  $AHMN$  en  $NIFM$ , zoo als ook de parallelogrammen  $BDLK$  en  $KCEL$  van de belde *parallelepèda* in de zelfde vlakken staan: en alleen de parallelogrammen  $ICKN$  en  $ABKN$ ,  $EFLM$  en  $HDLM$  in verschillende vlakken zijn.

**BEREIDING.** Zij  $OP$  de gemeene snede der vlakken  $MHDL$  en  $ICKN$ .

**BEWIJS.** Men bewijst eerst dat het *prisma*  $ABCINK$  en het *prisma*  $HDEFML$  in alle opzigten gelijk zijn, om dat zij uit gelijke en op dezelfde wijze geplaatste vlakken bestaan: het geen uit II, 1. bewezen wordt: en dan wordt het Voorstel opgemaakt met van die gelijke *prismata* een gemeen stuk, het *prisma*  $HDCIOP$ , aftenemen, en er een gemeen stuk, het *prisma*  $LMNKPO$ , bijtevoegen.

**II. GEVAL.** Fig. 215. Wanneer niet alleen de  $ICKN$  en  $EFLM$  in andere vlakken staan dan de  $ABKN$  en  $HDLM$ , maar ook de  $NIFM$  en  $KCEL$  in andere vlakken staan dan de  $AHMN$  en  $BDLK$ : zoo dat het *parallelepipedum*  $NE$ , ten opzichte van het *parallelepipedum*  $MB$ , aan beide kanten helt.

**BEREIDING.** Men verlengt de lijnen  $EC$ ,  $FI$ ,  $AB$ ,  $HD$ , zoo dat zij zich in  $P$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $O$  snijden: waar door een *parallelepipedum*  $PQRLMON$  geboren wordt, dat met betrekking, zoo wel tot het *parallelepipedum*  $MB$ , als tot het *parallelepipedum*  $NE$ , in het eerste geval staat.

**BEWIJS.** Uit het eerste geval.

**I. AANMERKING.** De reden van de gevolgtrekking en dus in het Voorstel vermeld, blijkt uit X. 7. het I. Gevolg en X. Bepaling van dit Boek.

**II. AANMERKING.** Men ziet dat het bewijs van het eerste geval juist het zelfde is, en op de zelfde gronden steunt, als dat van het XI. Voorstel van het II. Boek, behalven dat hier van *parallelepèda*, daar van parallelogrammen gesproken wordt.

#### GEVOLG.

Een scheefhoekig *parallelepipedum* is gelijkhaltig met een regthoekig, dat op het zelfde grondvlak staat, en de zelfde hoogte heeft: en dus zullen in dit *parallelepipedum* de zijden van de parallelogrammen, welke regthoekig op het grondvlak staan, gelijk zijn aan de hoogte van dat

dat schiefhoekig *parallelepipedum*, dat is, aan de loodlijn die tusſchen het grondvlak en de bovenſte oppervlakte der beide *parallelepipeda* begrepen is.

IX. VÓORSTEL. Fig. 216.

*Parallelepipeda* die op gelijkhaltige grondvlakken [EG, en AO] ſtaan, en gelijke hoogte hebben, zijn gelijkhaltig aan elkander.

EUCL. XI. 31. — ST. X. 2. — L. G. VI. 10.

BEREIDING. 1°. Men verlange FG zoo dat GM gelijk zij aan de grondlijn van het parallelogram AO.

2°. Stel op GM het  $\square$  GK = en  $\square$  AO; trek door M, PMQ en voltooi de  $\square$  GP en LM; dan is  $\square$  LM  $\propto$   $\square$  GK  $\propto$   $\square$  AO.

3°. Men ſtelle dat er op GK een *parallelepipedum* ſtaat gelijk en gelijkvormig aan het *parallelepipedum* op AO; en dus van de zelfde hoogte als het *parallelepipedum* op EG: en dat er ingelijks op LM en GP *parallelepipeda* van de zelfde hoogte zijn, en waarvan de opſtaande parallelogrammen volgens de lijnen CGL, PMQ, CP en LQ ſtaan.

BEWIJS. Uit het VII. Voorſtel, éérſt voor de *parallelepipeda* op EG en op CM, dan voor de *parallelepipeda* op CM en LM, genomen: dan volgt uit III. 10 en III. 11, dus  $\square$  op EG:  $\square$  op GQ =  $\square$  EG:  $\square$  GQ; maar  $\square$  EG  $\propto$   $\square$  GQ (onderſt.) dus  $\square$  op EG  $\propto$   $\square$  op GQ; maar  $\square$  op GQ en  $\square$  op GK kunnen beſchouwd worden tot grondvlak te hebben het aan hun gemeen parallelogram uit GM, terwijl de hoogte van beide de zelfde is: derhalve door Voorſt. VIII.  $\square$  op GK  $\propto$   $\square$  op EG; waaruit het beſluit volgt.

GEVOLG.

Een *parallelepipedum*, is altijd gelijkhaltig aan een regthoekig *parallelepipedum* dat op een gelijk grondvlak ſtaat, en de zelfde hoogte heeft. Zoo dat de maat van alle *parallelepipeda*, hoe genaamd, herleid wordt tot die van een regthoekig *parallelepipedum*, waarvan het grondvlak gelijkhaltig is met het grondvlak van het gegeven *parallelepipedum*.

*pipedum*, en de zijde der regtopstaande parallelogrammen de hoogte van het gegeven *parallelepipedum* is.

L. G. VI. 11.

X. VOORSTEL. Fig. 216.

De inhouden van *parallelepipeda* die de zelfde hoogte hebben, staan in de zelfde rede als derzelver grondvlakken.

EUCL. XI. 32. — St. X. 4. — L. G. VI. 13.


BEREIDING. Deze is de zelfde als voor het IX. Voorstel.

BEWIJS. Uit het IX. Voorstel. VII. Voorstel, twee maal gebruikt: en uit III. 11.

XI. VOORSTEL. Fig. 218.








*Parallelepipeda* [P en Q] die op gelijke grondvlakken staan, zijn onderling in de zelfde rede als hunne hoogten.

St. IX. 5. — L. G. VI. 12.

BEREIDING. Men stelle dat het regthoekig *parallelepipedum* HGC gelijkhaltig zij aan het gegeven *parallelepipedum* P: men neme op HA, HI gelijk aan de hoogte van het gegeven *parallelepipedum* Q: men trekke het vlak I KEL // aan het grondvlak HMFG: dan is het regthoekig  HE gelijkhaltig aan het gegeven *parallelepipedum* Q.

BEWIJS. Uit het VII. Voorstel is  HE:  IC =  HK:  IB en derhalve

 HE +  IC:  HE =  HK +  IB:

 HK: d. i.  HC:  HE; of  P:  Q' =  HB:  HK = HA: HI. (IV. 7).

XII. VOORSTEL. Fig. 218.

Verscheidende *parallelepipeda* staan tot elkander in samengestelde rede van de grondvlakken en de hoogten.

St. X. 3. — L. G. VI. 14.

BEREIDING. Men stelle dat het regthoekig *parallelepipedum* HGC, gelijkhaltig zij aan het gegeven *parallelepipedum* R: en het regthoekig *parallelepipedum* PNO aan het ander gegeven *parallelepipedum* Z, (VIII. Voorst., Gev.).

Men neme op AH, HI = PN: en stelle dat door I het vlak I KEL evenwijdig aan HF, en dus aan BD, gaat.

BEWIJS. Uit het X. en XI. Voorstel en III. 10.

I. AANMERKING. Het X. en XI. Voorstel zijn bijzondere gevallen van dit; doch dit kan niet bewezen worden zonder dat de beide voorgaande het zijn. Wij hebben reeds te voren meer dan één dergelijk voorbeeld ontmoet, inzonderheid in het VIII. Voorstel van het IV. Boek, dat juist het zelfde is als dit, behalven dat daar van parallelogrammen en dus van *grondlijnen*, hier van *parallelepipeda* en dus van *grondvlakken*, gesproken wordt.

### I. GEVOLG.

Indien verschillende *parallelepipeda* gelijkhaltig zijn, staan derzelver hoogten in omgekeerde rede van de grondvlakken.

EUCL. XI. 34. — St. X. 6.

II. AANMERKING. EUCLIDES bewijst dit regtstreeks, bijna op de zelfde wijze als de 23. propositie van zijn VI. Boek, zoo als in IV. 8. Aanm. 2. gezegd is: hij maakt eene dergelijke bereiding als wij gemaakt hebben: er zij dan een *parallelepipedum* Q, gelijkhaltig aan het *parallelepipedum* AF waarvan g het grondvlak, h de hoogte is; en zij in het ander *parallelepipedum* IF, IH = h: dan is  
*parallelep.* IF: Q = HF: g: of  
*parallelep.* IF: *parallelep.* AF = HF: g: maar  
*parallelep.* IF: *parallelep.* AF = IM: AM = IH: AH  
 dus HF: g = IH: AH.

### II. GEVOLG.

Indien het grondvlak HF tot het grondvlak NO staat zoo als  $m \times n : 1$ , en indien de hoogte van het *parallelepipedum* AF, h malen de hoogte van het *parallelepipedum* Z bevat: heeft men *parallelepipedum* AF: *parallelepipedum* Z =  $m \times n \times h : 1$  en dus (III. Axioma 3.), indien men het *parallelepipedum* Z voor de eenheid aanneemt, of voor de gemeene maat, is het getal, dat den inhoud van het *parallelepipedum* AF uitdrukt, gelijk aan  $m \times n \times h$ : dat is: het *parallelepipedum* AF zal zoo vele *parallelepipeda* gelijk aan Z bevatten, als er eenheden zijn in het getal  $m \times n \times h$ .

Men neemt doorgaans tot *parallelepipedum* Z, hetwelk tot maat dient, of voor eenheid gebruikt wordt, niet alleen een regthoekig *parallelepipedum*, waarvan de reden uit het



gevolg van het *IX. Voorstel* blijkt; maar zoodanig een, waarin *tevens* de zijden van het grondvlak onderling gelijk zijn, dat is, welks grondvlak een vierkant is; waarvan de reden uit het *1. Gevolg* van *IV. 9.* genoegzaam kennelijk is; en welks hoogte gelijk is aan de zijde van het grondvlak: dat is, men neemt voor de maat van alle *parallelepipeda*, voor de *eenheid* om derzelve ligchamelijken inhoud te meten, een' *Cubus*, of eene *Taerling*, waarvan de zijde die *eenheid* is, welke tot het meten der zijden *AH, HG, GF* gebruikt wordt, dat is de *lengte-eenheid*; bijv. één duim, één voet, éene roede enz.; en men noemt dien *Cubus* de *Cubieke-eenheid*, om dezelve te onderscheiden, zoo wel van de *lengte-eenheid*, die ter meting van afstanden, of lengten, dient, als van de *vierkante-eenheid*, die ter meting van vlakke figuren gebruikt wordt. Dus, indien het *parallelepipedum AF* 10 voeten bedraagt, zal dit getal 10 *Cubieke* voeten aanduiden: dat is, dat het gelijk is aan 10 *Cubi* wier zijder ieder éenen voet bedragen.

### III. GEVOLG.

Hieruit volgt, dat enkele en Cubieke éénheden van verschillende benaming tot elkander staan als het getal onverdeelen, die de enkele éénheid bevat, tot den *Cubus*, of de derde magt, van dat getal: dus behelst één voet 12 duimen, één vierkante-voet 12 maal 12 of 144 vierkante duimen, en één cubieke voet, 12 maal 12 maal 12, of 1728 cubieke duimen. Dit is het geen *EUCLIDES* in de 12. propositie van zijn *VIII. Boek* bewijst: dat namelijk een *Cubiek* getal tot een *Cubiek* getal staat in de driedubbelde rede der zijden.

III. AANMERKING. Men ziet hieruit, hoe men met *EUCLIDES* (*VII. Bep. 17.*) het product van drie getallen een *ligchamelijk getal* (*numerus solidus*) noemen kan, waarvan de getallen die hetzelfde voortbrengen de zijden zijn: dat ligchamelijke getallen in de samengestelde rede staan hunner wortelen: en dat *gelijkvormige ligchamelijke getallen* zoodanige zijn wier wortels evenredig zijn.

*EUCL. VII. Bep. 21.*

### IV. GEVOLG.

Uit het tweede Gevolg blijkt, hoe en in welken zin men zeggen kan;

1. Dat de vermenigvuldiging van drie lijnen het regthoekig *parallelepipedum* op dezelve gemaakt, uitdrukt; en gevolgelyk, hoe eene rede uit drie reden samengesteld door het regthoekig *parallelepipedum* van die lijnen, welke de enkele reden uitdrukken, en eene driedubbelde rede door den *cubus* op eene lijn, aangewezen worden, en daarmede overeenkomen.

L. G. VI. 14.

2°. Dat de inhoud van een *parallelepipedum* uitgedrukt kan worden door het product van het grondvlak vermenigvuldigd door de hoogte, en dat dit overeenkomt met het Gevolg van ons IX. Voorstel.

En insgelijks 3°. dat de inhoud van een' *Cubus* uitgedrukt kan worden door de derde magt, of den *Cubus*, van deszelfs zijde.

Voor het overige kan men hierop toepassen het geen in de 5. Aanmerking op het IX. Voorstel van het IV. Boek gezegd is.

#### V. GEVOLG.

Zoo dan het getal eenheden, waar door de inhoud van een' *Cubus* uitgedrukt wordt, geen *Cubiek* getal is, is de zijde van dien *cubus* altijd *onmeetbaar* met betrekking tot de eenheid die de lengte meet.

#### VI. GEVOLG.

Indien men de inhouden van twee *parallelepipeda* door I en i, de grondvlakken, door G en g, de hoogten door H en h uitdrukt, is ons Voorstel dit

$$I : i = G \times H : g \times h:$$

en dus

1°. Zoo het grondvlak onmeetbaar is tot het grondvlak, of de hoogte tot de hoogte, doch niet beiden te gelijk, zullen ook (III. Boek, 12. Bep. Gev. 1.) de inhouden I en i onderling onmeetbaar zijn: dat is, geene ligchamelijke ruimte zal derzelve gemeene maat kunnen zijn.

2°. Indien en hoogte en grondlijn van beide de *parallelepipeda* onderling onmeetbaar zijn, kan de rede van de inhouden I en i meetbaar zijn.

Bijv. indien men in fig. 75. stelt dat  $\square$  op AF:  $\square$  op BF = 15:  $\sqrt{60}$ , zoo als wij te voren IV. 9. Gev. 10.

G g 4

Nº.

N°. 4. op bl. 176. gezegd hebben: en men op die beide vierkanten *parallelepipeda* stelt waarvan de hoogten zijn als  $\sqrt{5} : \sqrt{3}$ , en dus onderling onmeetbaar; zullen die *parallelepipeda* tot elkander staan als  $15 \times \sqrt{5} : \sqrt{60} \times \sqrt{3}$ , of als  $15 \times \sqrt{5} : \sqrt{180}$ , of als  $15 \times \sqrt{5} : \sqrt{36} \times \sqrt{5} = 15 : 6 = 5 : 2$ ; en dus zijn die *parallelepipeda* onderling meetbaar.

3°. *Cubi* kunnen onderling onmeetbaar zijn: en dit heeft altijd plaats wanneer de lijnen, op welke zij gesteld worden, onmeetbaar in lengte, doch meetbaar in magt zijn; bij voorbeeld, de *Cubi*, welke op de diagonaal en op de zijde van een vierkant gemaakt worden, zijn onderling onmeetbaar: doch *Cubi* zijn onderling meetbaar als zij gesteld worden op lijnen die, of in lengte meetbaar zijn, of aangewezen worden door getallen die  $\sqrt[3]{}$  genoemd worden van een getal dat geen *Cubick* getal is, zoo als door  $\sqrt[3]{2}$ , of  $\sqrt[3]{3}$ : enz.

### XIII. VOORSTEL.

Gelijkvormige *parallelepipeda*, zoo als ook alle *Cubi*, staan tot elkander in driedubbelde rede hunner eveneensstaande ribben.

EUCL. XI. 33. — St. X. 7.

BEWIJS. Uit het XII. Voorstel, IV. 24. Gev. 1. en III. 11, 15.

AANMERKING. Wij hebben in de Aanmerking op de 18de Bep. van ons III. Boek gezegd dat die uitdrukking *driedubbelde rede*, in den eersten opslag, eene andere beteekenis bij EUCLIDES schijnt te hebben dan bij ons; en wij hebben in de Aanmerking op het XV. Voorstel van dat zelfde Boek getoond hoe beide die beteekenissen in de daad overeenkomen. Volgens de beteekenis, door EUCLIDES aan het woord *driedubbelde rede* gegeven, moet men bewijzen, dat de beide gegeven *parallelepipeda*, het eerste en het laatste zijn van vier *gedurig* evenredige *parallelepipeda*, en dat, boven dien, het eerste en het tweede in de zelfde rede staan als de eveneensstaande ribben der twee gevene.

Men stelle dat gegeven zijn de twee gelijkvormige *paralle-*

*parallelepiped* A en B en dat de twee lijnen die de parallelogrammen uitmaken welke de gelijkvormige grondvlakken zijn van A en B, uitgedrukt worden door a en a, b en d: en de zijde van het opstaande parallellogram in ieder door a en d: men stelde twee andere *parallelepiped* C en D beide gelijkhoekig met A en dus ook met B; laten a, a, en d de ribben zijn van B; en d, a, en d de ribben van C: dan hebben *parallelepiped* A en B de zelfde hoogte, indien men de parallelogrammen uit a en a, a en d voor grondvlakken aanneemt: insgelijks hebben de *parallelepiped* C en D dezelfde hoogte, indien de parallelogrammen uit a en a, en uit a en d de grondvlakken zijn, en eindelijk hebben de *parallelepiped* C en D de zelfde hoogte, zoo men de parallelogrammen uit a en d en b en d voor grondvlakken aanziet: dus is door Voorstel X.

$$A : B = \square \text{ uit } a \text{ en } a : \square \text{ uit } a \text{ en } d = a : d$$

$$B : C = \square \text{ uit } a \text{ en } a : \square \text{ uit } a \text{ en } d = a : d$$

$$C : D = \square \text{ uit } a \text{ en } d : \square \text{ uit } b \text{ en } d = a : b$$

Maar om dat de *parallelepiped* A en B gelijkvormig zijn, is (Bep. IX. Gev. 3.)  $a : d = a : d = a : b$

en dus is  $\therefore A, B, C, D$ : dus ook (III. 15.)

$A : D = A^3 : B^3 = a^3 : b^3 = a^3 : b^3$ : dat bewezen moet worden.

#### I. GEVOLG.

Dus komt de *cubus* op eene lijn overeen met het geen men de derde magt van eene lijn noemen kan; dat is, met de derde magt van het getal dat de lengte van die lijn uitdrukt. Zie III. Boek, Bep. 4. en het 4. Gevolg van het voorgaande Voorstel.

#### II. GEVOLG.

Indien vier lijnen evenredig zijn, zullen de gelijkvormige *parallelepiped* op dezelve gelijkvormig gesteld, insgelijks evenredig zijn, en omgekeerd. (Uit dit Voorstel en III. 10. Gevolg 1.)

EUCL. XI. 37.

#### III. GEVOLG.

Uit dit Voorstel, vergeleken met het 2 en 3de Gevolg van het XII. Voorstel, blijkt, in welken zin EUCLIDES heeft kunnen

nen zeggen in de 19. propositie van zijn VIII. Boek, „ dat „ gelijkvormige ligchamelijke getallen in de driedubbelde rede „ staan hunner eveneensstaande zijden;” en prop. 27 „ dat zij „ staan als een Cubiek-getal tot een Cubiek-getal.”

#### IV. GEVOLG.

Zoo drie lijnen gedurig evenredig zijn, is het *parallelepipedum*, dat uit deze drie lijnen gemaakt wordt, gelijkmatig aan het gelijkzijdig *parallelepipedum* dat uit de middelste gemaakt wordt, en gelijkhoekig is met het eerstgemelde: en dus is ook de *cubus* op de middelste lijn gelijk aan het regthoekig *parallelepipedum* uit de drie lijnen samengesteld.

EUCL. XI. 36. — St. X. pr. 9.

I. AANMERKING. Hieruit volgt dat, om een regthoekig *parallelepipedum* te maken gelijkmatig aan een' gegeven *cubus* (waar van de zijde is  $b$ ), men slechts eene lijn  $a$  naar willekeur behoeft te nemen, en eene derde evenredige  $c$  daar aan en aan  $b$  te zoeken: immers dan is  $a : b = b : c$ : en derhalve, door dit Gevolg, *parallelepipedum* uit  $a, b, c$ , gelijkmatig aan *cubus* op  $b$ . Die oplossing doet tevens zien dat men een onbepaald getal *parallelepipeda* maken kan, die alle met een' gegeven *cubus* gelijkmatig zullen zijn.

II. AANMERKING. Indien men op een gegeven vierkant ( $a^2$ ) een *parallelepipedum* wilde maken, gelijkmatig aan een' gegeven *cubus* ( $b^3$ ); van welk *parallelepipedum*, derhalve, men enkel de hoogte ( $x$ ) te bepalen heeft: zoude men eerst de rede der vierkanten van de twee gegeven lijnen ( $a$  en  $b$ ) door twee rechte lijnen uitdrukken (V 15. Gev.): dat is; zij  $a^2 : b^2 = g : h$ : dan is  $a^2 \times x : b^2 \times b = g \times x : h \times b$ ; maar  $a^2 \times x \propto b^3$  door de onderstelling: dus  $h \cdot b \propto g \cdot x$  of  $g : h = b : x$ : dat is, men neemt eene vierde evenredige aan de twee gevonden lijnen  $g, h$  en aan de zijde  $b$  van den gegeven *cubus*.

III. AANMERKING. Indien het grondvlak van het gezochte *parallelepipedum* niet een gegeven vierkant, maar een regthoek is, waarvan gegeven zijn de zijden  $d$  en  $e$ : zoude men eerst eene middelevenredige  $a$  nemen tuschen  $d$  en  $e$  om te hebben  $a^2 = d \cdot e$ : en derhalve  $a^2 \cdot x \propto d \cdot e \cdot x$ , of het gezochte *parallelepipedum*: zoo dat dit geval tot het voorgaande herleid wordt.

#### V. GEVOLG.

Indien vier lijnen gedurig evenredig zijn, staat de *Cubus*

bus op de eerste tot dien op de tweede, als de eerste lijn tot de laatste: (Uit dit Voorstel en III. 15).

IV. AANMERKING. Hieruit blijkt in welken zin EUCLIDES heeft kunnen zeggen (VIII. Boek, 19 en 21 prop.) „dat er „tusfchen twee gelijkvormige ligchamelijke getallen twee „middelevenredigen vallen: en omgekeerd; dat, indien er „tusfchen twee getallen twee middelevenredige vallen, die „getallen gelijkvormige ligchamelijke getallen zijn.”

V. AANMERKING. Hieruit volgt verder dat het vermaarde vraagstuk om een' cubus te vinden welke het dubbeld zij van een' gegeven cubus, op dit vraagstuk uitkomt, twee middelevenredige te vinden tusfchen twee lijnen waarvan de tweede het dubbeld is van de eerste. Immers zij  $\div b, x, y, 2b$ : dan is door dit Gevolg  $b^3 : x^3 = b : 2b = 1 : 2$ : en derhalve  $x^3 = 2b^3$ . Maar het vraagstuk om twee middelevenredige tusfchen twee grootheden te vinden, is in den striktsten geometrischen zin onoplosbaar. Zie daar over Werkstukken III. 9. Aanm. 2. en hier onder Voorstel XXXVI. Aanm.

VI. AANMERKING. Het maken van een cubus gelijkhaltig aan een gegeven regthoekig parallelepipedum, hangt insgelijks af van het vinden van twee middelevenredige: want zij  $x$  de zijde van den gezochten cubus, en laten  $a, b, c$  de lijnen zijn waaruit het gegeven parallelepipedum gemaakt is: dan is  $x^3 \propto a, b, c$ . Men stelde verder  $a : d = d : b$ , dat is, men neme eene middel evenredige tusfchen  $a$  en  $b$ : dan is 1°.  $a . b \propto d^2$ : derhalve 2°.  $x^3 \propto a . b . c \propto d^2 . c$ : Dat  $e$  en  $f$  twee middelevenredige zijn tusfchen  $d$  en  $c$ : dan is 3°.  $d : e = e : f = f : c$ , en derhalve (III. 15.) 4°.  $d : c = d^3 : e^3$ : waaruit volgt 1°.  $e^3 = d^2 . c$ : en derhalve uit 2°.  $x^3 = e^3$ , of  $x = e$ .

VII. AANMERKING. Het vervaardigen van een' cubus wiens inhoud gelijk is aan de fom der inhouden van twee, of meerdere, cubi, hangt insgelijks van het vinden van twee middelevenredigen af: immers zij te vinden  $y^3 \propto a^3 + b^3$ : men make een parallelepipedum  $e^2 \times h \propto a^3$ : dat is, men make op het vierkant  $e^2$  een parallelepipedum gelijkhaltig aan den cubus  $a^3$  (door de II. Aanmerking), en insgelijks een parallelepipedum  $e^2 \times h' \propto b^3$ : dan is  $y^3 \propto e^2 h + e^2 h' \propto e^2 (h + h') \propto e^2 . H$  indien  $H = h + h'$ . Men stelde dan  $e : f = f : g = g : H$ : dan is (III. 15.)  $e : H = e^3 : f^3$ : en  $e^2 . H = f^3$ : derhalve  $y^3 = f^3$ : en  $y = f$ .

nen zef  
„ gelij  
„ staa  
„ sta

**XL. Buit. Over de lichamelijke figuren.**

**VIII. AANMERKING.** Ik spreek in de beide voorgaande Aanmerkingen van zuivere geometrische oplossingen, in den zin der Ouden: en niet van algebraïsche, of arithmetische, waarin men de zijde van den ge-  
meeten kubus in stellen, juist, of ten naasten bij, uitdrukt: want  
dan is voor Aanm. VI.  $s = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$ : en voor Aanm. VII.

$$= \sqrt[3]{a^3 + b^3}$$

#### XIV. VOORSTEL. Fig. 217.

Indien men eene lijn [AG] in twee deelen [AI, IG] naar willekeur verdeelt, zal de *cubus* op de geheele lijn gemaakt, de som zijn van de *cubi* van ieder deel, en van het drievoud der *parallelepipeda* uit het vierkant van ieder deel, en het ander deel gevormd.

Dat is, indien  $a$  en  $b$  de deelen van de lijn zijn, is  
 $\text{Cubus op } a + b =$   
 $\text{Cubus op } a + \text{Cub. op } b + 3 \text{ parallelepip. uit } \square \text{ op } a \text{ en uit } b: + 3 \text{ parallelepip. uit } \square \text{ op } b \text{ en uit } a.$

**Bewijs.** Zij AF het vierkant op de lijn AG, en AZ de *Cubus*. Men neemt GX = GI: en trekke IT en XM. Dan zal het vierkant AF in vier deelen gedeeld zijn, na-  
melijk in

1°.  $\square HL = \text{het } \square \text{ op } AI:$

2°.  $\square AL = \square LF = \text{regth. uit AI en IG:}$

3°. in  $\square IX = \text{het } \square \text{ op IG:}$  Zie II. B. het 3. Voorst.

Indien men dan door IT en MX twee regthoekige vlakken I. a UT, XMPV laat gaan, die elkander in QL snijden; wordt de *Cubus* in vier *parallelepipeda* verdeeld, welke alle de hoogte van den *Cubus* hebben, en tot grondvlakken de gemelde vier deelen van het grondvlak.

Eindelijk, indien men AK = AI stelt, en door K een vlak KRWb laat gaan, evenwijdig aan het grondvlak, dat de gemelde twee loodregte vlakken in NY en Ss snijdt, wordt ieder van die vier *parallelepipeda* weder in twee *parallelepipeda* verdeeld, die ieder het zelfde grondvlak hebben, doch waarvan de eene de hoogte AK = AI, de andere de hoogte BK = IG heeft: en dus heeft men de acht volgende deelen van den *Cubus*:

1°. *Parallelepipedum* MS, uit  $\square HL$ , en hoogte NM, of AK: dat is *Cubus* op AI.

2°. *Parallelepipedum* NU, uit  $\square HL$  en hoogte NP,  
of

of  $BK = IG$ : dat is *parallelepipedum* uit  $\square AI$  en hoogte  $IG$ .

3°. *Parallelepipedum*  $KL$  uit  $\square AL$ , en hoogte  $KA$ , of  $AI$ : of uit  $\square KsIA$  en hoogte  $IL = IG$ : dat is uit  $\square AI$  en hoogte  $IG$ .

4°. *Parallelepipedum*  $KQ$  uit  $\square KO$  of  $AL$  en hoogte  $BK$  of  $IG$ : of uit  $\square aQOs$  en hoogte  $Ks$  of  $AI$ ; dat is uit  $\square IG$  en hoogte  $AI$ .

5°. *Parallelep.*  $OG$ , uit  $\square IX$  en hoogte  $Is = AI$ , of uit  $\square IG$  en hoogte  $AI$ .

6°. *Parallelep.*  $sV$ , uit  $\square sY$  en hoogte  $sa$ : dat is *Cubus* op  $IG$ .

7°. *Parallelep.*  $LW$ , uit  $\square TX$  en hoogte  $WF$ : of uit  $\square XW$  en hoogte  $LX$ : dat is uit  $\square AI$  en hoogte  $IG$ .

8°. *Parallelep.*  $OZ$ , uit  $\square OW$  en hoogte  $ZW$ : of uit  $\square UW$  en hoogte  $YW$ , dat is uit  $\square$  op  $IG$  en hoogte  $AI$ .

Nu de som van alle deze deelen in de volgende orde nemende N°. 1; N°. 2, 3, 7; N°. 4, 5, 8; en N°. 6. krijgt men

*Cubus* op  $AG$ , of op  $(AI + IG) =$

*Cub.* op  $AI + 3$  *parallelep.* van  $\square$  uit  $AI$  en  $IG +$

$3$  *Parallelep.* van  $\square$  uit  $IG$  en  $AI +$  *Cub.* op  $IG$ : of in het algemeen

*Cubus* op  $a + b =$  *Cub.* op  $a + 3$  *parallelep.* uit  $a^2$  en  $b + 3$  *parallelep.* uit  $b^2$  en  $a +$  *Cub.* uit  $b$ .

#### I. GEVOLG.

Indien de lijn in twee gelijke deelen gesneden is, zal de *Cubus* uit acht gelijke *Cubi*, ieder op de halve lijn gemaakt, bestaan.

#### II. GEVOLG.

Daar de derde magt van een getal den inhoud uitdrukt van eenen *cubus* gesteld op de lijn, wier lengte door dat getal aangeduidt wordt: en het product van een vierkantgetal door een enkel getal den inhoud te kennen geeft van een *parallelepipedum*, gevormd uit een vierkant en eene lijn wier inhoud en lengte door die getallen aangeduid worden; volgt het dat dit Voorstel het middel opgeeft om den *cubick*-wortel uit een getal te trekken: want men zal hebben,



$$\overline{a + b^3} = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 : \text{en}$$

$$\overline{a + b + c^3} = (a + b + c)^3 = \overline{a + b^3} + 3(a + b)^2c + 3(a + b)c^2 + c^3 =$$

$$a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 + 3(a + b)^2c + 3(a + b)c^2 + c^3$$

• het geen juist den regel oplevert, dien men in de bewerking volgt. Zie het Aanhangfel.

AANMERKING. Indien men nu den *cubus* zelven moest maken, of alle de deelen waaruit hij bestaan zal aanduiden, zou men hebben:

$$\text{Cubus uit } (a + b + c) =$$

$$\text{Cub. op } a + \text{cubus op } b + \text{cubus op } c +$$

$$3 \text{ parallelep. uit } a^2 \text{ en } b + 3 \text{ parallelep. uit } a^2 \text{ en } c +$$

$$3 \text{ ————— uit } b^2 \text{ en } a + 3 \text{ parallelep. uit } b^2 \text{ en } c +$$

$$3 \text{ ————— uit } c^2 \text{ en } a + 3 \text{ parallelep. uit } c^2 \text{ en } b +$$

$$6 \text{ ————— uit } a, b, \text{ en } c.$$

#### XV. VOORSTEL. Fig. 212.

Een driekantig *prisma*, of zuil [HABDFG] is de helft van eenig *parallelepipedum*, dat dezelfde hoogte heeft, en op het parallelogram staat dat het aanvulsel is van het driehoekig grondvlak van dat *prisma*.

BEWIJS. Uit het 2. Gevolg van het VI, en uit het VIII. Voorstel.

#### GEVOLG.

Dus is ook een driehoekig *prisma* gelijkhaltig met een regthoekig *parallelepipedum*, dat de zelfde hoogte heeft, en wiens grondvlak een regthoek is gelijk aan den driehoek, grondvlak van het *prisma*.

#### XVI. VOORSTEL.

Een *prisma*, het zij driekantig, het zij veelkantig, is altijd gelijkhaltig aan een regthoekig *parallelepipedum*, waarvan de hoogte die van het *prisma*, en het grondvlak een regthoek is gelijkhaltig aan den veelhoek die het grondvlak is van het *prisma*.

L. G. VI. 15.

BEWIJS. Uit het 4. Gevolg van de VIII. Bepaling, en het Gevolg van het XV. Voorstel.

E.

## II. Afd.: Over de ligcham. met vlakke oppervlakten. 471

I. AANMERKING. Wij nemen hier het woord *grondvlak* van het *prisma* in den zin dien wij er aan gehecht hebben in de VIII. Bepaling: anders immers zoude dit Voorstel met het 40 van het XI. Boek van EUCLIDES schijnen te strijden: het zelve luidt dus:

„Indien twee *prismas* even hoog zijn en het een eenen driehoek, het ander een parallelogram tot grondvlak heeft, en het parallelogram het dubbeld is van den driehoek, zijn die *prismas* gelijkhaltig.” Want dan stelt men dat in het tweede geval, daar een parallelogram het grondvlak is, de opstaande zijden driehoeken zijn: en dan komt het Voorstel in de daad, hoe wel het in woorden verschilt, met het onze overéén: beide *prismas* immers zijn in dat geval de helft van *parallelepipeda* die gelijkhaltige grondvlakken, en de zelfde hoogte hebben WHISTON en CLAVIUS schijnen de mindere geschiktheid van de uitdrukking van EUCLIDES gemerkt te hebben: want de eerstgemelde herinnert, in zijne aanmerkingen over deze plaats van den EUCLIDES van TACQUET, dat deze beide gegeven driekantige zuilen de helft zijn van gelijke *parallelepipeda* door diagonalen verdeeld: doch met dit onderscheid dat de deeling in het eene door de *diagonaal* van het grondvlak geschiedt, en niet in het andere: en CLAVIUS merkt aan, dat dit voorstel alleen geldt voor *prismas* waarin twee tegen over elkander gestelde grondvlakken driehoeken zijn.

### GEVOLG.

De inhoud van de *prismas* wordt tot dien van de *parallelepipeda* gebragt.

II. AANMERKING. Het blijkt uit het II. en IV. Gevolg op het XII. Voorstel, in welken zin men het gezegde van velen te verstaan hebben dat de inhoud van een *prisma* gelijk is aan het grondvlak door de hoogte vermenigvuldigd.

St. X. 1.

### XVII. VOORSTEL.

Verschillende *prismas* staan tot elkander in samengestelde reden van hunne hoogte en grondvlakken.

L. G. VI. 15. Cor.

BEWIJS. Uit het Gevolg van het voorgaande Voorstel: en het XII. Voorstel.

L

**I. GEVOLG.**

Dus zijn de *prismas* die de zelfde hoogte en de zelfde, of gelijke, grondvlakken hebben, gelijkhaltig.

**II. GEVOLG.**

Dus zijn de grondvlakken en hoogten van gelijkhaltige *prismas* in omgekeerde rede van elkander: en omgekeerd.

**III. GEVOLG.**

Dus zijn *prismas* op gelijke grondvlakken staande zoo als derzelver hoogten: en die op gelijke hoogten zoo als derzelver grondvlakken.

**IV. GEVOLG.**

Gelijkvormige *prismas* zijn, in driedubbelde rede hunner eveneensstaande zijden (VIII. Bep. 5. Gevolg).

St. X. pr. 10.

**XVIII. VOORSTEL.**

De oppervlakte van een regthoekig *prisma* is, indien men de grondvlakken uitzondert, gelijk aan den regthoek waarvan de grondlijn de omtrek is van het grondvlak van het *prisma*, en de hoogte de zijde van de opstaande regthoeken, waaruit het *prisma* gevormd is.

BEWIJS. Uit het 3. Gev. van de VIII. Bepaling: en II. 1.

**XII. BEPALING.**

Men noemt *Pyramide*, of *Naald*, eene ligchamelijke Figuur, samengesteld uit driehoeken, waarvan de grondlijnen den omtrek van het grondvlak des ligchaams uitmaken, en wier toppen in één stip te samen komen.

EUCL. XI. def. 12. — St. IX. Bep. 9. — L. G. VI. def. 11.

**I. GEVOLG.**

Er zijn derhalven zoo vele driehoeken, die de *naald*, of *pyramide*, samenstellen, en derzelver zijden, of vlakken, of kanten, genoemd worden, als het grondvlak zijden bezit.

## II. GEVOLG.

De *Pyramiden*, of *Naalden*, zijn dan *driekantig*, als *DABC*, fig. 207; of *vierkantig*, of *vijskantig*, enz. naar mate het grondvlak een *driehoek*, een *vierhoek*, een *vijshoek*, enz. is. En eene *veelhoekige*, of *veelkantige*, *pyramide*, of *naald*, kan in zoo vele driekantige verdeeld worden, als het grondvlak zijden heeft, min twee; zoo wordt fig. 206. de vijskantige *pyramide* *G V D E F*, in drie driekantige *G V I F*, *F I V E*, *E I V D* verdeeld.

St. IX. Bep. 9. — L. G. VI. def. 13.

## III. GEVOLG.

Eene *Pyramide*, of *Naald*, kan *regelmatig* genoemd worden, indien het grondvlak een *regelmatige* veelhoek is, en de driehoeken, die de *zijden*, *vlakken*, of *kanten* der *pyramide* nitmaken, gelijke en gelijkbeenige (dus ook gelijkvormige) driehoeken zijn. Waarom dan ook de loodlijn, die uit den top op het grondvlak wordt nedergelaten, en die in dat geval in het middelpunt van het grondvlak valt, de *as* van de naald kan genoemd worden.

L. G. VI. def. 14.

AANMERKING. Indien men op het papier den veelhoek beschrijft, die het grondvlak van de naald zijn moet; en op ieder der zijden van dien veelhoek, den driehoek die eene der zijden moet zijn van de naald: zal men, door vouwing van het papier, de naald verkrijgen.

## IV. GEVOLG.

Eene *pyramide* kan *regthoekig* genoemd worden, wanneer ééne ribbe loodrecht staat op het grondvlak; en derhalve ook daarop loodrecht staan de twee zijden, vlakken, of kanten, waarvan die ribbe de gemeene snede is, of de verééniging uitmaakt.

## V. GEVOLG.

Twee *pyramiden* zullen dus gelijkvormig zijn, als de grondvlakken gelijkvormig zijn, en de eveneens geplaatste vlakken het ook zijn.

Waaruit volgt, (door IV. Bep. 1.) dat ook de zijden van de grondvlakken, en de ribben van de vlakken, of van de

Hh

kan.

kanten, der gelijkvormige *pyramiden* onderling evenredig zijn moeten.

L. G. VI. def. 17.

XIX. VOORSTEL. Fig. 220.

Indien men eene *pyramide*, of naald,  $[CDBAD]$  door een vlak  $[GFE]$  snijdt, dat evenwijdig is aan het grondvlak: zal de snede aan het grondvlak gelijkvormig zijn, en tot hetzelfde staan, als het vierkant van haren afstand van den top tot het vierkant van den afstand des grondvlak inongelijks van den top.

L. G. VI. 16. met het Gev.

BEWIJS. IV. 1. III. Axioma 5. IV. 4. en IV. 11.

GEVOLG.

Indien men dan twee even hooge *pyramiden* door het zelfde vlak, dat aan de grondvlakken evenwijdig is, snijdt, en dus op den zelfden afstand van de grondvlakken; zullen de sneden tot elkander staan als de grondvlakken zelve.

St. X. 12.

XX. VOORSTEL. Fig. 220.

Indien men alle de ribben  $[AB, AC, AD, DB, BC, CD]$ , van eene driekantige *pyramide* in twee gelijke deelen snijdt, en vlakken  $[GFE, FHE, EKI]$ , door de tegenovergestelde stippen van snijding laat gaan; zullen deze de *pyramide* verdeelen in twee gelijke en gelijkvormige driekantige *pyramiden*,  $[EFGAF, CKIEK]$  en in twee gelijkhaltige *prismas*,  $[GEFHBI, DHFEIK]$  doch die te samen genomen grooter zijn dan de helft van de geteete *pyramide*.

EUCL. XII. 3. — L. G. VI. 17.

BEWIJS. VOOR HET I. uit de VII. Bepaling: voor HET II. uit het XVI. Voorstel, II. 13. Gev. 1. Immers indien men uit  $\square HIKD$  en  $\square HFEI$ , het *parallelepipedum*  $DHFEUVD$  stelt, en de diagonalen  $HK$  en  $FU$  der grondvlakken trekt, is het klaarblijkelijk dat *prisma*  $HBGFEI$  = *prisma*  $DHFVUK$   $\infty \frac{1}{2}$   $\square DHFEUVD$ : waarvan *prisma*  $DHFEIKD$  ook de helft is.

AAN-

**AANMERKING.** De twee gemelde *prismas* zijn te samen niet alleen grooter dan de helft van de gegeven *pyramide*, het welk het eenige is dat EUCLIDES er van zegt, maar zij zijn er juist de drie vierde gedeelten van: doch dit kan niet bewezen worden, dan na dat het derde Gevolg van het XXVI. Voorstel bewezen zal zijn. Zie dus de Aanmerking op dat Gevolg.

**XXI. VOORSTEL.** Fig. 219 en 220.

Indien men twee driekantige *pyramiden*, die de zelfde hoogte hebben, volgens het voorgaande Voorstel, iedere in twee *prismas* [GEH, FED en MNP, QNU] en in twee *pyramiden* [AGEF, IECK en LNQM, NS' TR] deelt: en iedere dier *pyramiden* wederom op de zelfde wijze: en iedere der *pyramiden*, welke uit die deeling gebooren worden, wederom op de zelfde wijze, en zoo voorts, zoo ver men wil: zal de som van alle de *prismas*, door die herhaalde deelingen in eene der gegeven *pyramiden* geboren, staan tot de som van alle de *prismas* in de andere *pyramide*, als het grondvlak [BCD] van de eerstgemelde, tot het grondvlak [OSU] van de laatstgemelde.

EUCL. XII. 4.

**BEWIJS.** Uit het XVII. Voorstel, 3 Gevolg: IV. 2. III. 12. en *axioma* 5.

**XXII. VOORSTEL.** Fig. 220.

Indien men eene driekantige *pyramide*, volgens het voorgaande Voorstel, in *prismas* en *pyramiden* verdeelt, zoo ver men wil: zal de gegeven *pyramide* de limiet zijn der som van alle de *prismas* door die herhaalde verdeeling geboren: dat is, de laatste rede van de *pyramide* en van de som dier *prismas* is eene rede van gelijkheid.

**BEWIJS.** Uit het XX. Voorstel: en het I. en II. Voorstel van het VII. Boek.

**XXIII. VOORSTEL.** Fig. 219 en 220.

Twee driekantige *pyramiden*, die even hoog zijn, staan in de zelfde rede als hare grondvlakken.

EUCL. XII. 5.

**BEREIDING.** Men verdeele dezelve volgens het XXI. Voorst.  
H h 2 22-

**Bewijs.** Daar de gegeven *pyramiden* even hoog zijn, is het *geheel van prismas* die uit de gemelde verdeling geboren worden, in beiden het zelfde.

Maar, de *prismas*, in iedere verdeling, staan onderling als hunne grondvlakken (XVII. Voorstel, Gev. 3.), en die grondvlakken zijn als de grondvlakken der gegeven *pyramiden* (IV. 2.).

Dus staan de *prismas*, in iedere verdeling, als de grondvlakken der gegeven *pyramiden* (III. Axioma 5.).

Dus staan de sommen van alle de *prismas* in iedere *pyramide* als de grondvlakken van die *pyramiden* (III. 12.).

Maar, de *pyramiden* zijn de limieten van die sommen. (XXII. Voorstel).

Dus staan de *pyramiden* onderling in de zelfde rede als hare grondvlakken (VII. 6.).

#### XXIV. VOORSTEL.

Twee verschillende *pyramiden*, hoe ook genaamd, die de zelfde hoogte hebben, staan tot elkander als hare grondvlakken.

**EUCL.** XII. 6. — **St.** X. 13. — **L. G.** VI. 18. *Cor.* 2.

**BEREIDING.** Men onderstelle dat die veelkantige *pyramiden* ieder in driehoekige verdeeld zijn, volgens het 2. Gev. van de XII. Bepaling.

**Bewijs.** Uit het XXII. Voorst.: en III. 8, 12. en *Axioma* 5.

#### GEVOLG.

Eene regthoekige *pyramide* is gelijkhaltig met eene scheefhoekige, indien zij op een gelijkhaltig grondvlak staat, en de perpendiculaire ribbe gelijk is aan de hoogte van de scheefhoekige *pyramide*.

#### XXV. VOORSTEL. Fig. 222.

Een driekantig *prisma* kan in drie driekantige gelijkhaltige *pyramiden* verdeeld worden.

**EUCL.** XII. 7. — **St.** X. 14. — **L. G.** VI. 22.

**BEREIDING.** Men trekke de diagonalen BF, BD en AD.

1°. Dan zullen de driehoeken FBE, FBD en EBD met  $\Delta$  FED de *pyramide* DFB E maken

2°. Laat een vlak gaan langs BD en AD: dit maakt met  $\Delta$  ABC,  $\Delta$  ACD en  $\Delta$  BCD de *pyramide* ADBCA.

3°.

**II. Afd.: Over de ligcham. met vlakke oppervlakten. 477**

3°. De driehoeken  $ABD$ ,  $AFD$ ,  $BAF$  en  $FBD$ , maken de *pyramide*  $ABFDA$  uit.

**bewijs.** De 1. en 2. *pyramide* zijn onderling gelijk, uit het XXIII. Voorstel.

De 2 en 3. om dat zij beiden de helft van eene *pyramide* zijn, die de zelfde hoogte, doch het  $\square$   $ACDF$  tot grondvlak, en dus een dubbeld grondvlak, zoude hebben.

**GEVOLG.**

Eene driekantige *pyramide* is het derde gedeelte van een driekantig *prisma*, dat op het zelfde driehoekig grondvlak, en onder de zelfde hoogte staat.

**XXVI. VOORSTEL.**

Eene *pyramide*, welke ook haar grondvlak zijn moge, is het derde gedeelte van het *prisma* dat op het zelfde grondvlak en onder de zelfde hoogte staat.

**bewijs.** Uit het 2. Gev. van de XII. Bepaling en het XXV. Voorstel.

**I. GEVOLG.**

Hieruit, en uit het XVI. Voorstel, blijkt, dat men den inhoud van *pyramiden* tot dien van *prismas*, en daardoor tot dien van een *parallelepipedum* herleidt. Eene *pyramide* namelijk is gelijkhaltig aan het derde gedeelte van een regthoekig *parallelepipedum*, dat de zelfde hoogte heeft, en waarvan het grondvlak, dat een regthoekig *parallelogram* is, gelijkhaltig is aan den veelhoek die het grondvlak is van de *pyramide*.

**II. GEVOLG.**

Hieruit, en uit het 4. Gev. van het XII. Voorstel, volgt verder, in welken zin men het gezegde van velen verstaan moet, dat de inhoud van eene *pyramide* gelijk is aan het grondvlak door het derde gedeelte van de hoogte vermenigvuldigd.

St. X. 15. — L. G. VI. 18.

**III. GEVOLG.**

Verschillende *pyramiden* staan dus tot elkander in samen-



mengestelde rede van hare grondvlakken en van hare hoogten,

AANMERKING. Wij hebben in de Aanmerking op het XX. Voorstel gezegd, dat de twee *prismas* waarvan in dat Voorstel gesproken wordt, te samen drie vierde gedeelten van de geheele *pyramide* uitmaken: en in de daad, de grondvlakken der beide *pyramiden* staan ieder tot die van de groote *pyramide* als 1 : 4 (IV. 11.) de hoogten zijn als 1 : 2: dus is ieder kleine *pyramide* tot de groote als 1 : 8; en beiden te samen zijn zij het vierde gedeelte van de geheele *pyramide*: dus zijn de twee *prismas* de drie vierde gedeelten van dezelve. Het blijkt ook, en misfchien korter, hieruit, dat (Fig. 220.) *prisma* H B G F E I het drievoud is van *pyramide* G A E F; dat de twee *prismas* te samen het drievoud zijn van de twee *pyramiden*; en gevolgelyk de *prisma* het  $\frac{1}{3}$ , en de *pyramiden* het  $\frac{1}{3}$  van de geheele *pyramide*.

St. X. 16.

#### IV. GEVOLG.

Hieruit volgt 1°. dat, wanneer *pyramiden* gelijkhaltig zijn, hare hoogten in omgekeerde rede staan van hare grondvlakken: en omgekeerd.

Eucl. XII. 9.

#### V. GEVOLG.

2°. Dat *pyramiden*, die gelijkhaltige grondvlakken hebben, in de zelfde rede staan als hare hoogten: en omgekeerd.

L. G. VI. 18. Cor. 2.

#### VI. GEVOLG.

En eindelijk dat gelijkvormige *pyramiden* in driedubbelde rede van hare eveneensgeplaatste ribben staan.

Eucl. XII. 8. — St. X. 20. Gev. 2. — L. G. VI. 26.

#### VII. GEVOLG.

Uit het eerste Gevolg blijkt, dat indien men op het grondvlak van een *cubus* eene regelmatige *pyramide* stelt, die de hoogte van den *cubus* heeft, en wier top dus op het midden van de bovenste oppervlakte van den *cubus* komt, die *pyramide* het derde gedeelte van den *cubus* zijn zal.

Indien men verder vier vlakken laat gaan, ieder langs eene ribbe van de *pyramide*, en de regenoverstaande loodregte ribbe van den *cubus*, zullen er vier gelijke en gelijkvormige *py-*

pyramiden geboren worden, die ieder een vierkant, (zijde van den *cubus*) tot grondvlak, en de halve hoogte van den *cubus* tot hoogte zullen hebben, en dus ieder de helft van de eerstgemelde en middelste *pyramide* zijn zullen, en gevolgelijk het zesde gedeelte van den *cubus*.

Dus wordt een *cubus* in vijf vierkantige *pyramiden* gedeeld, waarvan er vier gelijk en gelijkvormig zijn, en de vijfde het dubbeld van iedere der vier overige is.

### VIII. GEVOLG.

Hieruit volgt dat men ook den inhoud van eene geknotte *pyramide* vindt, met het verschil te nemen tusschen de geheele *pyramide* en het afgeknotte stuk, dat ook eene *pyramide* is.

I. AANMERKING. De inhoud van de geknotte *pyramide* wordt derhalve, indien (Fig. 220.)  $\triangle BCD$  eene regthoekige *pyramide* is, op het zelfde grondvlak als het gegeven staande, en gelijke hoogte hebbende (Bep. XII. Gev. 4.) uitgedrukt door  $\frac{1}{3} (\triangle BCD \times AB - \triangle GFE \times AG)$ : maar (door Voorst. XIX.) is  $\triangle GFE =$

$\triangle BCD \times \frac{\overline{AG}^2}{\overline{AB}^2}$ . En derhalve wordt de geknotte *pyramide* uitgedrukt door  $\frac{1}{3} \triangle BCD (AB - \frac{\overline{AG}^2}{\overline{AB}^2} \times AG) =$

$$\frac{\frac{1}{3} \triangle BCD (\overline{AB}^3 - \overline{AG}^3)}{\overline{AB}^2}.$$

II. AANMERKING. Deze uitdrukking  $\frac{1}{3} \triangle BCD \frac{(\overline{AB}^3 - \overline{AG}^3)}{\overline{AB}^2}$  kan

nog eene andere gedaante krijgen: want  $\overline{AB}^3 - \overline{AG}^3 = (\overline{AB}^2 + \overline{AB} \times AG + \overline{AG}^2) \times (AB - AG)$ : derhalve wordt de geknotte *pyramide* uitgedrukt door  $\frac{1}{3} \triangle BCD \times$

$$\frac{(\overline{AB}^2 + \overline{AB} \times AG + \overline{AG}^2)}{\overline{AB}^2} \times BG = \frac{1}{3} \triangle BCD \times BG$$

$$+ \frac{1}{3} \triangle BCD \times \frac{AG \cdot BG}{\overline{AB}} + \frac{1}{3} \triangle BCD \times \frac{\overline{AG}^2}{\overline{AB}^2} \times BG.$$

Het eerste,  $\frac{1}{3} \triangle BCD \times BG$ , drukt eene *pyramide* uit waarvan  $\triangle BCD$  het grondvlak en  $BG$  de hoogte is; het derde lid,

$$\frac{1}{3} \triangle BCD \times \frac{\overline{AG}^2}{\overline{AB}^2} \times BG = \frac{1}{3} \triangle GFE \times BG, \text{ drukt}$$

eene *pyramide* uit waarvan  $\Delta GFE$  het grondvlak is en  $BG$  de hoogte: het tweede lid  $\frac{1}{2} \Delta BCD \times \frac{AG \cdot BG}{AB}$ : wordt op deze wijze nader bepaald.

Indien men een' driehoek  $D$  stelt middel-evenredig tusschen  $\Delta BCD$  en  $\Delta GEF$ , d. i. tusschen  $\Delta BCD$  en  $\Delta BCD \times \frac{AG^2}{AB^2}$ :

$$\text{is } \Delta D = \sqrt{(\Delta BCD)^2 \times \frac{AG^2}{AB^2}} = \frac{\Delta BCD \times AG}{AB}; \text{ en}$$

$$\text{dus is } \frac{1}{2} \Delta BCD \times \frac{AG \cdot BG}{AB} = \frac{1}{2} \Delta D \times BG: \text{ het geen}$$

eene *pyramide* fildrukt waarvan  $\Delta D$  het grondvlak en  $BG$  de hoogte is. Waaruit dit Voorstel van LE GENDRE (VI 21) volgt.

### IX. GEVOLG.

Eene geknotte *pyramide* is gelijkhaltig aan de som van drie *pyramiden*, welke tot gemeene hoogte hebben de hoogte van die geknotte *pyramide*: en tot grondvlak; de eerste het grondvlak van de geheele *pyramide*, de tweede dat van het afgenomen stuk, dat is de bovenste oppervlakte van de geknotte *pyramide*, en de derde een middel-evenredige tusschen die twee grondvlakken.

### XXVII. VOORSTEL. Fig. 206.

De oppervlakte van eene *regelmatige pyramide* is, (het grondvlak niet mede gerekend zijnde), gelijk aan den inhoud eens driehoeks, wiens grondlijn gelijk is aan den omtrek van het grondvlak der *pyramide*, en wiens hoogte de loodlijn is uit den top op de grondlijn van eene der zijden nedergelaten.

BEWIJS. Uit het 1. en 3. Gevolg van de XII. Bepaling.

### GEVOLG.

De oppervlakte van eene geknotte *regelmatige pyramide* is gelijk aan een' regthoek, waarvan de hoogte die is van de geknotte *pyramide*, en de grondlijn de middel-arithmetische evenredige tusschen den ondersten en den bovensten omtrek.

BEWIJS. Immers zij Fig. 231.  $\Delta VAE$  gelijk aan de oppervlakte van de geheele *pyramide*, en  $\Delta FVG$  gelijk aan die van het afgeknotte stuk: dan is oppervlakte van de

de geknotte *pyramide* gelijkhaltig aan *trapezium* A F G E, wiens inhoud (IV. 9. Gev. 8.) uitgedrukt wordt door eenen reghoek waarvan F A de hoogte en  $\left(\frac{A E + F G}{2}\right)$  de grondlijn is: A E nu en F G zijn de onderste en bovenste omtrekken, en A F de hoogte van de geknotte *pyramide*.

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 221.

Indien men de zijde B A van eene *pyramide* in gelijke deelen  $\nu o$ ,  $n B$ , enz. verdeelt, en men op het grondvlak B C D, een *prisma* stelt, C D B *n i k n*, dat de hoogte  $n B$  hebbe, en insgelijks op het bovenste vlak  $n m l$ , dat door de zijden van de *pyramide* bepaald is, wederom een nieuw *prisma* van de zelfde hoogte; en op het bovenste vlak van dat *prisma* wederom een ander, en zoo voorts: is de *pyramide* de *limiet* der som van alle die *prismas*: en de uiterste rede van de som van alle die *prismas* tot de *pyramide* is eene rede van gelijkheid.

*Bewijs.* De overmaat van alle de *prismas* boven de *pyramide* is de som van alle de *prisma's* C D m i k l, q p t s r u enz. die al tanger hoe kleiner worden, en alle de zelfde hoogte hebben: naar mate dus die som kleiner is, komt de som der *prismas* nader aan de *pyramide*, en die som wordt kleiner naar mate de hoogte i D geringer is: dus kan de som van alle de *prismas* aan de *pyramide* naderen zoo veel men wil, en minder van dezelve verschillen dan eenige eindige grootheid bedraagt; dus is de *pyramide* de *limiet* der som van alle de *prismas* (VII. 1. ep. 1.): derhalve is de uiterste rede van beiden eene rede van gelijkheid (VII. 2.).

I. GEVOLG.

Hieruit blijkt in welken zin men verstaan moet het geen sommigen zeggen, „ dat eene *pyramide* uit een *oneindig* aantal van gelijke *oneindig dunne prismas*, en dus uit een *oneindig* aantal vlakken, die aan het grondvlak evenwijdig zijn, gevormd wordt:” (het geen anderen ook uit het Gevolg van het XIX. Voorstel afleiden): en hoe ver dergelijke uitdrukkingen van alle mathematische nauwkeurigheid ontbloot zijn.

II. GEVOLG.

Daar de grondvlakken van alle die *prismas* in de zelfde rede staan als de vierkanten der afstanden van den top (XIX. Voorstel) of als de tweede magten der getallen welke die afstanden uitdrukken (IV. 24. Gev. 1.) en dus, indien de deelen  $\nu o$ ,  $n B$ , gelijk aan elkander en voor *eenheid* genomen worden, van den top af de rede volgen van de vierkanten der natuurlijke getallen; ziet men, in welken zin men zeggen kan, dat de *limiet* van de som dier vierkanten, of, zoo

als velen zich uitdrukken, de *som van alle die vierkanten*, uitgedrukt kan worden door den inhoud van eene *pyramide*, wier grondvlak het vierkant van het laatste getal, en de hoogte het getal zelf is: en gevolgelyk (Voorst. XXVI. 2. Gev.) dat die *limiet*, of die *som*, gelijk is aan het derde gedeelte van het product van dat getal door het getal zelve gemultipliceerd, of aan het derde gedeelte van den *cubus* van het getal.

Zie 's GRAVESANDE, *Natuurkunde* §. 480. alwaar dit Voorstel van zeer veel gebruik is.

AANMERKING. De som der reeks van de quadraten der natuurlijke getallen  $1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 \dots n^2$  komt dan al langer hoe nader aan  $\frac{1}{3} n^3$  dat  $n$  grooter is: en is  $\frac{1}{3} n^3$ , zoo  $n$  voor oneindig groot gehouden wordt.

### XXIX. VOORSTEL. Fig. 223.

De inhoud van alle ligchamen, welke door rechte lijnen en vlakken bepaald worden, kan tot den inhoud van een *parallelepipedum* gebragt worden.

Bewijs. Men kan door vlakken het ligchaam of in *parallelepèda*, of in *prismas*, of in geheele of geknopte *pyramiden* verdeelen, van welke alle men den inhoud afzonderlyk vinden kan: en de som is de gezochte inhoud.

VOORBEELD. Indien het ligchaam B A D H E F G C tot grondvlak het *trapezium* D C B A heeft, en de vlakken E B, D E, H C, G B loodregt zijn; indien voorts  $HD = EA$ ,  $GC = FB$ , en men de uitdrukkingen in het 4. Gevolg van het XII. Voorstel vermeld, gebruikt; zal de inhoud van het ligchaam door deze grootheid uitgedrukt worden, indien  $c^2$  en  $d^2$  de inhouden van de driehoeken A C B en A C D aanwyzzen.

$$\frac{c^2 \times FB + 2 d^2 \times EA + c^2 \times EA + d^2 \times FB}{3}$$

Want, indien men  $AK = DI = FB = GC$  stelt, en door F G I K een vlak laat gaan, is dat vlak evenwijdig aan D C B A: en de inhoud van het ligchaam K I G F B A D C is  $(c^2 + d^2) \times FB$ .

Het bovenste stuk E K I H G F bestaat uit drie *pyramiden*: de eene, F K E G, heeft tot basis den driehoek F G K ( $= \Delta C A B$ ) en tot hoogte de lijn E K: dus is de inhoud  $= \frac{1}{3} (EA - FB)$ .

Het overige gedeelte van het bovenste stuk is eene vierzijdige *pyramide* H I K E G, die verdeeld kan worden in twee

## II. Afd. Over de ligcham. met vlakke oppervlakten. 483

twee gelijke driekantige,  $GEIH$  en  $GBIK$ ; de laatste, wanneer men  $\Delta GIK$  ( $\equiv \Delta CDA$ ) voor grondvlak en  $EK$

voor hoogte neemt, is  $\frac{1}{3} d^2 \left( \frac{EA - FB}{3} \right)$ : dus de som

$$\text{van beiden} = \frac{1}{3} d^2 \left( \frac{EA - FB}{3} \right)$$

de som van de drie deelen is derhalven

$$\frac{2}{3} c^2 \times FB + \frac{1}{3} d^2 \times EA + c^2 \times EA + d^2 \times FB$$

MAUDUIT, *Mem. présentés* IV. p. 624.

I. AANMERKING. Het komt in de Bouwkunde zeer dikwerf te pas den inhoud van dergelijke ligchamen te moeten vinden.

II. AANMERKING. Anderen beschouwen zoodanig een ligchaam als verdeeld in een *parallelepipedum*, twee driekantige *prismas*, en eene vierzijdige *pyramide*. Want 1°. het *parallelepipedum* heeft tot grondvlak den regthoek uit  $AB$ ,  $BC$ , en tot hoogte  $BF$ : dan is de inhoud  $\frac{1}{2} c^2 \cdot FB$ . 2°. Het eene *prisma* heeft tot grondvlak een' driehoek, of den halven regthoek uit  $AB$  ( $AD - BC$ ) en de hoogte is  $FB$ : derhalve de inhoud van dat *prisma*  $\left( \frac{AB \cdot AD - AB \cdot BC}{2} \right) FB \equiv (d^2 - c^2) FB$ . 3°.

Het bovenste stuk bestaat uit een driehoekig *prisma* en eene vierkantige *pyramide*: het *prisma* heeft tot grondvlak den driehoek  $EKF$  en tot hoogte  $GF \equiv BC$ : dus is de inhoud van dat *prisma* een *parallelepipedum* wiens grondvlak is  $\frac{FK \cdot KE}{2}$  en wiens hoogte is  $BC$ : en derhalve

$$\text{is dezelve} \frac{AB \cdot BC \cdot EK}{2} = c^2 KE = c^2 (EA - FB).$$

4°. De vierzijdige *pyramide* heeft tot grondvlak den regthoek uit ( $AD - BC$ ) en ( $EA - FB$ ) en tot hoogte  $FK \equiv AB$ : en derhalve is de inhoud  $\frac{1}{3}$  van het *parallelepipedum* wiens grondvlak is de regthoek ( $AD - BC$ ) ( $AB$ ) en wiens hoogte is ( $EA - FB$ ): en dus is dezelve

$$\left( \frac{AD \cdot AB - AB \cdot BC}{3} \right) \times (EA - FB) =$$

(2)

$$\left( \frac{2d^2 - 2e^2}{3} \right) (BA - FB). \text{ Wanneer men nu deze}$$

vier grootheden bij elkander optelt geeft de som voor den  
inhoud van het ligchaam

$$\frac{2e^2 FB + 2d^2 EA + e^2 EA + d^2 FB}{3}.$$

### XXX. VOORSTEL.

Indien men binnen een veelvlakkig ligchaam een stip neemt, en van daar lijnen naar alle de ligchamelijke hoeken trekt: zullen er zoo vele *pyramiden* geboren worden, als de figuur vlakken of zijden heeft: en derzelver som zal gelijk zijn aan den inhoud van de geheele figuur.

## III. A F D E E L I N G.

### OVER DE REGELMATIGE LIGCHAMELIJKE FIGUREN.

#### XIII. BEPALING.

Men noemt *regelmatige lichamen* zoodanige, welke uit gelijkvormige, gelijke, en eveneensgeplaatste vlakken bestaan.

##### I. GEVOLG.

In *regelmatige lichamen* zijn dus de ligchamelijke hoeken alle gelijk aan elkander: en het middelpunt is dat stip het welk even ver van de toppen van alle de hoeken afstaat.

##### II. GEVOLG.

Indien men uit het middelpunt driekantige vlakken laat gaan naar de ribben van het regelmatig ligchaam: zal het zelve daar door in zoo vele *regelmatige* en allezins gelijke *pyramiden* gedeeld worden als het vlakken of zijden heeft.

L. G. Appendix op Boek VII. prop. 3. Schol.

III. GEVOLG.

Alle regelmatige lichamen van de zelfde soort zijn onderling gelijkvormig. (VI. Bep.).

XIV. BEPALING. Fig. 225.

Een *Tetraedrum*, of viervlakkig ligchaam, bestaat uit vier gelijke en gelijkzijdige driehoeken.

EUCL. XI. Bep. 26.

AANMERKING. Het *tetraedrum* is dus eene volkomen regelmatige *pyramide*; ook gebruikt EUCLIDES wel eens in zijn XIII. Boek het woord *pyramide*, om het *tetraedrum* aan te duiden.

XV. BEPALING. Fig. 226.

Een *Octaedrum*, of achthoekig ligchaam, bestaat uit acht gelijke gelijkzijdige driehoeken.

EUCL. XI. Bep. 27.

XVI. BEPALING. Fig. 228.

Een *Icosaedrum*, of twintigvlakkig ligchaam, bestaat uit twintig gelijke gelijkzijdige driehoeken.

EUCL. XI. Bep. 29.

XVII. BEPALING. Fig. 218.

Een *Cubus*, of taerling, bestaat uit zes vierkanten en is een zesvlakkig ligchaam, of *hexaedrum*.

Zie boven Bep. 10.

XVIII. BEPALING. Fig. 230.

Een *Dodecaedrum*, of twaalfvlakkig ligchaam, bestaat uit twaalf gelijke regelmatige vijfhoeken.

EUCL. XI. Bep. 28.

AANMERKING. Men moet bewijzen dat die figuren in de daad bestaunbaar zijn, en uit den aard der eenige mogelijke lichamelijke hoeken, welke uit gelijke vlakke hoeken gevormd kunnen worden, volgen. Dit is door EUCLIDES niet gedaan: doch hier toe strekt het volgende Voorstel met deszelfs gevolgen.



## XXXI. VOORSTEL.

Indien een lichamelijke hoek door vlakke hoeken van gelijke regelmatige veelhoeken gevormd wordt, bestaat dezelve, of uit drie, of uit vier, of uit vijf hoeken van gelijkzijdige driehoeken: of uit drie hoeken van vierkanten, dat is uit drie rechte hoeken: of uit drie hoeken van regelmatige vijfhoeken. Geen lichamelijke hoek kan uit meerdere, of mindere hoeken van gemelde veelhoeken, of uit hoeken van eenige andere regelmatige veelhoeken, bestaan.

BEWIJS. Uit het II. Voorstel van dit Boek, en II. Bep. 14. het 1. Gev.

## I. GEVOLG.

Er zijn dus maar vijf regelmatige lichamen mogelijk. Deze zijn de vijf bovengemelde.

Eucl. XIII. *scholium* op de laatste propositie. — L. G. *Appendix*, Boek VII. prop. 1, 2.

## II. GEVOLG. Fig. 225.

Wanneer een lichamelijke hoek uit drie hoeken van eenen gelijkzijdigen driehoek bestaat, men die driehoeken voltooit, en dezelve als de vlakken, of zijden, van eene lichamelijke figuur aanziet; zullen de grondlijnen van deze drie driehoeken, eenen nieuwen en gelijken gelijkzijdigen driehoek maken, welke het vierde vlak van het ligchaam zal zijn. Dat ligchaam zal derhalve bestaan uit vier gelijkzijdige driehoeken. Het is dus een *tetraedrum*.

Hieruit volgt 1°. dat een *tetraedrum* eene alleszins regelmatige driekantige *pyramide* is, waarvan de zijden, of vlakken, gelijk zijn aan het grondvlak.

2°. Dat de loodlijn uit eenen der toppen op het tegenovergestelde vlak, dat dus, ten opzichte van dien top, het grondvlak is, nedergelaten, op het middelpunt van dien driehoek (III. Voorstel) valt, en derhalve op twee derde gedeelten van de lijn, uit een der hoeken van dien driehoek loodrecht op de tegenovergestelde zijde van denzelfden getrokken. (IV. 13. en IV. 14. Gev. 3.).

3°. Dat, indien men op het papier eenen gelijkzijdigen driehoek maakt, en wederom eenen op ieder der zijden van dezen, men door vouwing van het papier een *tetraedrum* zal verkrijgen, waarvan de eerstgemelde driehoek het grondvlak, en

en de drie andere de opstaande zijden, of vlakken, zijn zullen.

III. GEVOLG. Fig. 226.

Wanneer een lichamelijke hoek uit vier hoeken van gelijkzijdige driehoeken bestaat, en men die vier driehoeken voltooit, zullen derzelver vier grondlijnen eene gelijkzijdige en gelijkhoekige figuur, en dus een vierkant, uitmaken, waarop de vier driehoeken als eene regelmatige *pyramide* zullen staan: over welke *pyramide* men op het zelfde grondvlak, aan den anderen kant, eene gelijke stellen kan: zoo dat dan het geheele ligchaam uit acht gelijkzijdige driehoeken bestaan zal: het is een *Octaedrum*.

Hieruit volgt, dat de lijnen, die uit iederen hoek naar den tegenoverstaanden getrokken worden, *diagonalen* of *assen* van de figuur zijn, en elkander onderling in twee gelijke deelen snijden in één stip, dat dus het *middelpunt* van de figuur is.

Voorts, indien men acht gelijkzijdige en gelijke driehoeken stelt, zoo als in fig. 227., zal men door vouwing van het papier een *Octaedrum* verkrijgen: namelijk *a, b, c, d,* zullen de eene helft, waarvan *i* de top is, maken: en *e, f, g, h,* de andere helft, waarvan *k* de top is.

IV. GEVOLG. Fig. 228.

Wanneer een lichamelijke hoek G uit vijf hoeken van gelijke gelijkzijdige driehoeken bestaat, zullen de vijf grondlijnen FH, HI, ID, DE, EF van die vijf voltooide driehoeken FGH, HGI, IGD, DGE, EGF eenen regelmatigen vijfhoek FHIDE uitmaken. Op iedere der lijnen ID, IH, HF enz. zal men wederom eenen gelijken gelijkzijdigen driehoek IZD, BIH, AHF; enz. kunnen stellen; en dan tusschen de twee naastliggende, ZID en BIH, BIH en AHF, enz. wederom eenen BIZ, AHB, die de lichamelijke hoeken I, en H, enz. ieder uit vijf hoeken bestaande, zullen voltoojen. De grondlijnen ZB, AB enz. van die vijf driehoeken maken wederom eenen regelmatigen vijfhoek: op wiens zijden men wederom vijf gelijke gelijkzijdige driehoeken stellen kan, wier toppen eenen lichamelijken hoek zullen uitmaken, en de geheele figuur sluiten. De figuur bestaat dan uit twintig gelijkzijdige driehoeken, en is een *Icosaedrum*.

Hieruit volgt, dat de lijnen die van iederen hoek naar zijnen tegenovergestelden getrokken worden, en die dus *diagonalen*, of *assen*, en aan elkander gelijk, zijn, zich onderling in

in twee gelijke deelen snijden in één stip dat het middelpunt van de figuur is.

Ook blijkt het, indien men twintig gelijkzijdige en gelijke driehoeken op het papier teekent, zoo als in fig. 229. dat dezelve door vouwing van het papier een *icosaëdron* zullen uitmaken: namelijk, de vijf  $b, c, f, e, d$  zullen om het stip  $x$  als top eenen ligchamelijken hoek maken: insgelijks  $p, q, r, t, u$  om het stip  $y$ : door welke vereeniging men het bovenste en onderste gedeelte verkrijgt: daar de overige tien driehoeken het middelste gedeelte zullen daarstellen.

#### V. GEVOLG. Fig. 218.

Indien een ligchamelijke hoek D uit drie rechte hoeken ADC, CDG, en ADG, bestaat, en men voltooit de vierkanten ABCD, CDGF, ADGH: zal men door het vierkant CBMF op BC en CF en dan ADGH op DG en AB te voltoojen, de drie vierkanten CBMF, ADGH, en GFMH, verkrijgen, die eene ligchamelijke figuur uit zes vierkanten bestaande zullen uitmaken, en dus eenen *Cubus* of *Taetling*.

Hieruit blijkt dat de zes gelijke vierkanten, waaruit een *Cubus* gemaakt wordt, op dezelfde wijze als de rechthoeken in fig. 211. gesteld moeten worden.

#### VI. GEVOLG. Fig. 230.

Wanneer een ligchamelijke hoek X, uit drie hoeken van regelmatige vijfhoeken bestaat, en men de regelmatige gelijke vijfhoeken XWKA B, XBYML, XLP  $\alpha$  W voltooit; verder op de zijden W  $\alpha$ ,  $\alpha$  P, PL, van eenen dier vijfhoeken wederom gelijke vijfhoeken, WKSH  $\alpha$ ,  $\alpha$  HIOP, OPLMN stelt, zullen deze met den reeds gegebenen, te samen zes vijfhoeken uitmaken, welke men zoo zal kunnen stellen, dat zij drie aan drie eenen ligchamelijken hoek, en dus te samen vijf ligchamelijke hoeken in X, W,  $\alpha$ , P, L, zullen uitmaken. Men ziet ook duidetijk dat AB en BY, YM en MN, NO en OI, IH en HS, SK en KA, zijden zullen zijn van vijf nieuwe vijfhoeken, (die hier met gestipte lijnen aangewezen worden, om dat zij onder de vijfhoeken staan die met volle lijnen geteekend zijn), te weten van de vijfhoeken ABYDVA, DYMNE D, ENOIKE, HSGKI, en SKAVG, die door hunne zijden VD, DE, EK, KG, GV eenen zesden vijfhoek VDEKGV uitmaken, die aan de overige gelijk is, vlak over den voorsten vijfhoek XLP  $\alpha$  WX staat, aan denzelven *parallel* is, doch in eene tegenovergestelde rigting. De figuur wordt derhalve door twaalf regelmatige vijfhoeken gemaakt en gesloten, die twee aan twee evenwijdig over elkander staan; zij is gevolgelyk het regelmatig ligchaam *dodecaëdron* genoemd.

Hieruit volgt, dat de lijnen, die van iederen hoek naar zijnen

hen tegenovergestelden getrokken worden, en *diagonalen* of *asfen* zijn, zich allen in twee gelijke deelen in één stip snijden: welk stip het *middelpunt* der figuur is.

Men ziet verder, dat indien men op alle de zijden van eenen regelmatigcn vijfhoek, gelijke vijfhoeken stelt: deze zes door het vouwen van het papier de helft van een *dodecaedrum* zullen uitmaken; en dat men, indien men een ander dergelijk stel maakt, de andere helft op gelijke wijze zal bekomen: zoo dat zij beiden te samen het geheele *dodecaedrum* vol maken: men kan, tot meerder gemak, wanneer men het eerste stel gemaakt heeft, een' der uiterlijke vijfhoeken van het tweede op de zijde van een' der uiterlijke vijfhoeken van het eerste stel plaatsen.

## VII. GEVOLG.

De oppervlakte van een regelmatig ligchaam is gelijk aan zoo vele regelmatigc driehoeken, vierhoeken of vijfhoeken, als het uit driehoekige, vierhoekige, of vijfhoekige vlakken bestaat.

### XXXII. VOORSTEL.

Ieder regelmatig ligchaam heeft zoo vele *ribben*, als het product van het halve getal der vlakken die het ligchaam uitmaken, door het getal der zijden van die vlakken gemultiplceerd, eenheden bevat: en zoo vele ligchamelijke hoeken als er eenheden zijn in het quotient, dat het product van het getal der vlakken en van het getal der zijden in ieder vlak oplevert, wanneer het door het getal der hoeken die iederen ligchamelijken hoek uitmaken gedivideerd wordt.

EUCL. XV. 6.

BEWIJS VAN HET I. Het getal van zijden in alle de veelhoeken die het ligchaam uitmaken, is het product van het getal zijden in iederen veelhoek, door het getal van veelhoeken, of vlakken, gemultiplceerd. Doch de vereeniging van twee naastliggende zijden maakt eene ribbe, en dus bestaat het getal van ribben uit het gemelde halve product.

BEWIJS VAN HET II. Er zijn zoo vele vlakke hoeken als er eenheden zijn in het product van het getal vlakken die de ligchamelijke figuur uitmaken, door het getal der hoeken in ieder vlak, of veelhoek, gemultiplceerd. Doch ieder ligchamelijke hoek van de figuur bestaat uit zoo vele vlakke hoeken, als de aard van de figuur vereischt: waarom men het gemelde product door dat getal moet divideeren, om het getal van hoeken te verkrijgen.

## GEVOLG.

Dus bestaat een *Tetraedrum* uit zes ribben, vier hoeken, en vier zijden, of vlakken.

Een *Octaedrum* uit twaalf ribben, zes hoeken, en acht zijden, of vlakken.

Een *Icosaedrum* uit dertig ribben, twaalf hoeken, en twintig zijden, of vlakken.

Een *Cubus*, of *Hexaedrum*, uit twaalf ribben, acht hoeken, en zes zijden, of vlakken.

Een *Dodecaedrum* uit dertig ribben, twintig hoeken, en twaalf zijden, of vlakken.

AANMERKING. In alle deze lichamen derhalve overtreft het getal der vlakken en dat der hoeken waaruit zij bestaan, te samen genomen, met twee het getal der ribben: eene eigenschap die aan alle veelvlakkige lichamen eigen is.

L. G. VII. 15.

### XXXIII. VOORSTEL.

Indien men eene ribbe van eene ligchamelijke figuur in twee gelijke deelen deelt, en uit het stip der verdeeling eene loodlijn trekt op die ribbe in elk der twee vlakken die door hare zijden de ribben uitmaken, zal de hoek, welken die lijnen met elkander maken, de helling aanduiden der vlakken waaruit die ligchamelijke figuur bestaat.

DEWIJS. Uit X. Bep. 5.

L. G. *Appendix* op Boek VII. prop. 3.

I. AANMERKING. In het *tetraedrum*, *octaedrum*, *icosaedrum* en *dodecaedrum* gaan de gemelde loodlijnen door de toppen van de driehoeken, of vijfhoeken, in welke zij getrokken zijn, zoo als blijkt uit I. 27. Gev. 4. Maar voor den *cubus* staat die lijn regthoekig op de twee tegenovergestelde ribben.

II. AANMERKING. Dit Voorstel is het eerste gedeelte van de 7. propositie in het XV. Boek van EUCLIDES: en de bewerking die men aldaar aantreft komt met ons Voorstel overéén.

De Ouden schijnen hierin niet verder gegaan te zijn dan de enkele aanwijzing van dien hoek. Door onze Driehoeksmeting komen wij verder, en wij kunnen de grootte van die hoeken berekenen, op de volgende wijze. Wij merken hier, bij voorraad, aan, dat wij de *ribben*, in alle regelmatige lichamen, door de letter R zullen aanduiden.

I. TOEPASSING OP HET TETRAEDRUM. Fig. 224, 225.

In het *tetraedrum* is de hoogte  $(VE) = R \sqrt{\frac{3}{2}}$ . De afstand  $(VC)$  van den top tot het middelpunt  $= R \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$ . De

De loodlijn [CQ], uit het middelpunt op een der vlakken neergelaten, wordt uitgedrukt door  $\frac{1}{4} R \cdot \sqrt{3}$ .

De *sinus* van den hoek [VAD] welke eene rib maakt met het vlak waarop zij staat, is  $\sqrt{\frac{2}{3}}$ ; of die hoek bedraagt  $54^{\circ}. 44'. 8''$ . omtrent.

De *sinus* van den hoek welken twee vlakken onderling maken, is  $\frac{2}{3} \cdot \sqrt{2}$ ; en deszelfs *cosinus* is  $\frac{1}{3}$ : zoo dat die hoek  $70^{\circ}. 31'. 44''$ . omtrent bedraagt.

L. G. Notes, N°. IX. p. 311.

BEWIJS. Zij fig. 224. AVD die driehoek welke in fig. 225. door de ribbe AV gaande, loodregt op het vlak BAG komt: hieruit volgt:

1°. Dat VD in het vlak VGB ligt, en de loodlijn is, die uit V op GB getrokken wordt: derhalve is (VI. 18.)  $VD = AV \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2} R \cdot \sqrt{3}$ .

2°. Dat AD eene dergelijke loodlijn is in het vlak AGB: en dus  $AD = VD = \frac{1}{2} R \sqrt{3}$ .

Zij E het middelpunt van  $\Delta$  ABG fig. 225. dan zal E op AD vallen, en  $AE = \frac{2}{3} AD$  zijn (IV. 14. Gev. 3.) dus is  $\angle VEA$  regt (V. 7.): en derhalve

$$3^{\circ}. AE = \frac{2}{3} AV \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = AV \cdot \sqrt{\frac{4 \times 3}{4 \times 9}} = R \sqrt{\frac{1}{3}}: \text{ge-}$$

volgelyk

$$4^{\circ}. VE = \sqrt{AV^2 - AE^2} = AV \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{3}} = R \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

Verder, indien AZ regthoekig op AV getrokken wordt (fig. 224.), tot dat dezelve VE, verlengd, in Z ontmoet, en men op VZ den cirkel VAZ beschrijft, is VC = AC, en dus C het middelpunt van het *tetraedrum*. Maar  $VE:AV = AV:VZ$  (IV. 15. Gev. 2.) derhalve

$$5^{\circ}. VZ = AV \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} = R \cdot \sqrt{\frac{3}{2}}.$$

$$6^{\circ}. VC = \frac{1}{2} AV \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} = R \cdot \sqrt{\frac{3}{8}}.$$

7°. De loodlijn uit het middelpunt C op het vlak GVB neergelaten, valt (fig. 224.) op de lijn VD, in Q, zoo dat  $VQ = \frac{1}{2} VD = \frac{1}{4} R \sqrt{3}$ : en  $CQ^2 = VC^2 - VQ^2 = \frac{3}{8} R^2 - \frac{3}{16} R^2 = \frac{R^2}{16} \times (6 - 3) = \frac{3 R^2}{16}$ : en  $CQ = \frac{1}{4} R \sqrt{3}$ .

Uit IX. 1 is  $AV:VE = 1: \sin. \angle VAD$  en

$VD:VE = 1: \sin. \angle VDA$ : derhalve

$$8^{\circ}. \sin. \angle VAD = \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ en } \angle VAD = 54^{\circ}. 44'. 8''.$$

$$9^{\circ}. \sin. \angle VDA = \frac{2}{3} \sqrt{2}; \cos. \angle VDA = \frac{1}{3}; \angle VDA = 70^{\circ}. 31'. 44''.$$

AANMERKING. LE GENDRE leidt voor de vyf regelmatige lichamen de hoegroothheid der hoeken af uit de leer der klootsche driehoeken. Ik heb geoordeeld alles wat die lichamen betreft, uit derzelve aard te moeten opmaken; hoe wel de bewijzen daar door langer worden. De hoeken zijn reeds, vóór lang, door ALBERT GIRARD bepaald, en wel door eene hem eigene wijze, in zijne *nouvelle invention en Algèbre*, op het einde.

## II. TOEPASSING OF HET OCTAEDRUM. Fig. 226.

In het *Octaedrum* heeft het volgende plaats.

- 1°. De ribben maken met elkander eenen regten hoek.
- 2°. De as van het *octaedrum* is de diagonaal van het vierkant  $ABGD$ , en is derhalve  $= AB \cdot \sqrt{2} = R \sqrt{2}$ .
- 3°. De afstand van den top tot het middelpunt is de halve as: en derhalve  $\frac{1}{2} R \sqrt{2} = R \sqrt{\frac{1}{2}}$ .
- 4°. De loodlijn  $CQ$  uit het middelpunt  $C$  op een der vlakken, valt op  $BC$ , en is  $\frac{1}{2} R$ .
- 5°. De *sinus* van den hoek welken eene ribbe maakt met een vlak, is  $= \frac{2}{3} \sqrt{2}$ , en zijn *cosinus*  $= -\frac{1}{3}$ : zoo dat die hoek zelve  $109^{\circ}. 28'. 16''$ . bedraagt.

BEWIJS. N°. 1, 2, 3: blijken van zelf.

Voor N°. 4.  $\overline{CQ}^2 = \overline{GC}^2 - \overline{GQ}^2 = \frac{1}{4} R^2 - \frac{1}{4} R^2 = \frac{1}{4} R^2$ : en derhalve  $CQ = \frac{1}{2} R$ .

Voor het 5. De hoek  $AEG$ , welken de loodlijnen  $AE$ ,  $EG$ , uit  $E$ , het midden van  $BV$ , getrokken op  $BV$ , dat is de hoek welken de vlakken  $ABV$  en  $VBG$  met elkander maken, is de tophoek eens gelijkbeenigen driehoeks  $AEG$ , wiens beenen zijn de loodlijnen  $AE$ ,  $EG$  van twee driehoekige vlakken des *octaedrums*, en wiens grondlijn is  $AG$ , de as van de ligchamelijke figuur. Nu is (VI. 18.)  $AE$ , of  $EG = AB \sqrt{\frac{1}{2}}$ ; en  $AG$  is  $= AB \cdot \sqrt{2}$ : derhalve

$$AE : \frac{1}{2} AG (= AC) = AB \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} : \frac{AB}{2} \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} : \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = \sqrt{3} :$$

$\sqrt{2}$ . Maar in  $\triangle AEC$  is  $1 : \sin \angle AEC (= \sin. \frac{1}{2} \angle AEG) = AE : \frac{1}{2} AG = \sqrt{3} : \sqrt{2}$ : en derhalve  $\sin. \frac{1}{2} \angle AEG = \sqrt{\frac{2}{3}}$ : en  $\cos. \frac{1}{2} \angle AEG = \sqrt{1 - \frac{2}{3}} = \sqrt{\frac{1}{3}}$ : waaruit door VIII. 32. N°. 15. volgt  $\sin. \angle AEG = 2 \sin. \frac{1}{2} \angle AEG \times \cos. \frac{1}{2} \angle AEG = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{2}{3} \sqrt{2}$ : gevolgelyk *cosinus*  $\angle AEG = \pm \sqrt{1 - \frac{4}{9}} \times 2 = \pm \frac{1}{3}$ : hier  $= -\frac{1}{3}$ : waaruit volgt  $\angle AEG = 109^{\circ}. 28'. 16''$ .

GEVOLG.

De hoeken welke de vlakken onderling maken in het *octaedrum* en in het *tetraedrum* zijn supplementen de een van den anderen.

III. TOEPASSING OP HET ICOSAEDRUM. Fig. 228 en 234.

In het *Icosaedrum* heeft het volgende plaats:

1°. De *as* van het *icosaedrum* is  $R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}}$ ;

en derhalve

2°. De halve *as*, of de afstand van het middelpunt tot ieder der toppen,  $\frac{1}{2} R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}}$

3°. De loodlijn uit het middelpunt in een der vlakken neergelaten is  $\frac{1}{2} R \times \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{6}}$ , en derhalve

4°. De hoogte van het *Icosaedrum*  $= R \times \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{6}}$

5°. De *sinus* van den hoek welken eene rib maakt met het vlak waaraan dezelve grenst is  $\sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{6}}$ , en de hoek zelve, stomp zijnde, is  $110^\circ. 54'. 18''$ .

6°. De *sinus* des hoeks welke twee vlakken onderling maken is  $\frac{2}{3}$ , en de hoek zelve  $138^\circ. 11'. 24''$ .

BEWIJS. Indien men het *Icosaedrum*, Fig. 228 en 234. door een vlak snijdt, dat langs de ribbe BI gaat, en langs de loodlijn IL, van den gelijkzijdigen driehoek GID, zal dat vlak, of die snede, vervolgens gaan wederom door eene dergelijke loodlijn LE (van den  $\Delta GED$ ) dan door de ribbe EF, dan wederom door de loodlijnen FK (van  $\Delta FAH$ ) en KB (van  $\Delta ABH$ ), zoo dat men den zeshoek BILEFK verkrijgt, die afzonderlijk in Fig. 234 afgebeeld wordt, en waarin BI, BF twee ribben zijn, en de overige zijden IL, LE, FK, KB, loodlijnen zijn van de gelijkzijdige driehoeken welke het *Icosaedrum* uitmaken, en dus is.

1°.  $BI \sqrt{\frac{1}{3}} = R \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2} R \sqrt{3} = IL = LE = FK = KB$ .

Verder, indien men de lijnen FI en BE trekt, die de beide rib-



ribben BI en EF vereenigen, en dus door de toppen van de tegenoverstaande hoeken I en F, B en G gaan, zullen FI en BE *assen* zijn van het *Icosaedrum*: en  $BC = CF = EC = CE$  de halve *as*. BL is, in den regelmatigen vijfhoek dien de vijf driehoeken (Fig. 228.), ZID, DIG, GIH, HIB, BIZ, om den top I maken, de loodlijn welke in dien vijfhoek uit B op de tegenovergestelde zijde GD getrokken wordt. Vermits nu LF (Fig. 234.) de *as* is, welke loodregt op het vlak van gemelden vijfhoek staat, is het stip N daar dezelve de lijn BL snijdt even ver af van alle de hoeken diens vijfhoeks, en is BN de *radius* van den cirkel welken men om dien vijfhoek trekken kan, waarvan de ribben des *Icosaedrums* de zijden zijn. Waaruit volgt

$$(\text{door VI. 22. Gev. 1}) \quad BI = BN \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{2}} : \text{en derhalve}$$

$$2^{\circ}. BN = BI \times \sqrt{\frac{2}{5 - \sqrt{5}}} = BI \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{10}} =$$

$$R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{10}}; \text{ verder } \overline{IN}^2 = \overline{BI}^2 - \overline{BN}^2 = R^2 - R^2 \times \frac{5 + \sqrt{5}}{10} = R^2 \left( \frac{10 - 5 - \sqrt{5}}{10} \right) = R^2 \times \left( \frac{5 - \sqrt{5}}{10} \right)$$

waaruit volgt.

$$3^{\circ}. IN = R \times \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{10}}.$$

Maar om dat de cirkel uit C op FI getrokken ook door B en E gaat; is  $\angle FBI (= \angle FEI) = L$  (V. 7.) en derhalve is  $IN : BI = BI : IF$  (IV. 15. Gev. 2.); dus

$$4^{\circ}. IF = \frac{BI^2}{IN} = BI \sqrt{\frac{10}{5 - \sqrt{5}}}$$

$$= R \sqrt{\frac{10}{5 - \sqrt{5}}} = R \sqrt{\frac{10(5 + \sqrt{5})}{(5 - \sqrt{5})(5 + \sqrt{5})}}$$

$$= R \sqrt{\frac{10(5 + \sqrt{5})}{20}} = R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}} : \text{gevolgelyk}$$

$$5^{\circ}. CI = \text{afstand van het middelpunt, of halve as}$$

$$= \frac{1}{2} R \sqrt{5 + \sqrt{5}}.$$

$$\text{Verder } \overline{NL}^2 = \overline{LI}^2 - \overline{IN}^2 = R^2 \times \frac{1}{4} =$$

$$R^2 \times \frac{5 - \sqrt{5}}{10} = R^2 \times \left( \frac{15 - 10 + 2\sqrt{5}}{20} \right) = \\ = R^2 \times \left( \frac{5 + 2\sqrt{5}}{20} \right). \text{ Derhalve}$$

$$6^\circ. NL = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}}.$$

Indien men uit het middelpunt C, OCP op de beide tegen elkander overstaande en aan elkander parallelle vlakken ABH en EGD Fig. 228, dat is in Fig. 234. op de loodlijnen in dezelve, BK, en EL trekt: is BG =  $\frac{2}{3}$  BK: en dus =  $\frac{2}{3} R \times \sqrt{\frac{1}{2}}$  =  $R \times \sqrt{\frac{1}{3}}$ : en daar BC = CI =  $\frac{1}{2} R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}}$  en  $\overline{CO}^2 = \overline{BC}^2 - \overline{BO}^2$ ; is  $CO^2 = \frac{1}{4} R^2 \left( \frac{5 + \sqrt{5}}{2} \right) - \frac{1}{3} R^2 = \frac{1}{12} R^2 (15 + 3\sqrt{5} - 8) = \frac{1}{12} R^2 (7 + 3\sqrt{5}) = \frac{1}{4} R^2 \left( \frac{7 + 3\sqrt{5}}{6} \right)$ . Derhalve

$$7^\circ. CO \text{ de loodlijn} = \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{6}}: \text{ en}$$

$$8^\circ. PO, \text{ de hoogte van het Icosaedrum} = R \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{6}}.$$

Hier uit valt het gemakkelijk de hoeken optemaken: want indien men in den gelijkbeenigen driehoek ELI de loodlijn LM uit den top L laat vallen: is EM = MI =  $\frac{1}{2} EI$

$$\text{maar } EI = \sqrt{\overline{EB}^2 - \overline{BI}^2} = \sqrt{R^2 \left( \frac{5 + \sqrt{5}}{2} \right) - R^2} =$$

$$R \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}}: \text{ en gevolgelijk}$$

$$9^\circ. MI = \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}}.$$

$$\text{Maar } ML = \sqrt{\overline{LI}^2 - \overline{MI}^2} = \sqrt{\frac{1}{4} R^2 - \frac{1}{4} R^2 \left( \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \right)}$$

derhalve

$$10^\circ. ML = \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{2}}.$$

$$\text{Maar } LI: LM = 1: \sin. \angle EIL: \text{ en derhalve } \sin. \angle EIL = \frac{EM}{LI} =$$

ribben BI en EF vereenigen, en du de tegenoverstaande hoeken I en F, B en BE *asfen* zijn van het *Icosaedrum*: en CE de halve *as*. BL is, in den regelmat. driehoeken (Fig. 228.), ZID, DIG. GI tot I maken, de loodlijn welke in dien v. tegenovergestelde zijde GD getrokken wordt, 234.) de *as* is, welke loodregt op het vlak staat, is het stip N daar dezelve de lijn af van alle de hoeken diens vijfhoeks, *dins* van den cirkel welken men om dien waarvan de ribben des *Icosaedrums* de zijde

$$(\text{door VI. 22. Gev. 1}) \quad BI = BN \sqrt{5}.$$

$$2^{\circ}. BN = BI \times \sqrt{\frac{2}{5 - \sqrt{5}}} = BI,$$

$$R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{10}}; \text{ verder } \overline{IN}^2 = \overline{BI}^2 - \overline{BN}^2$$

$$\frac{5 + \sqrt{5}}{10} = R^2 \left( \frac{10 - 5 - \sqrt{5}}{10} \right) = R^2 \times$$

waaruit volgt.

$$3^{\circ}. IN = R \times \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{10}}.$$

Maar om dat de cirkel uit C op FI getrokken gaat; is  $\angle FBI (= \angle FEI) = L$  (V. 7.

IN: BI = BI: LF (IV. 15. Gev. 2.); dus

$$4^{\circ}. IF = \frac{BI^2}{IN} = BI \sqrt{\frac{10}{5 - \sqrt{5}}}$$

$$= R \sqrt{\frac{10}{5 - \sqrt{5}}} = R \sqrt{\frac{10(5 + \sqrt{5})}{(5 - \sqrt{5})(5 + \sqrt{5})}}$$

$$= R \sqrt{\frac{10(5 + \sqrt{5})}{20}} = R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}}$$

5<sup>o</sup>. CI = afstand van het middelpunt, of half

$$= \frac{1}{2} R \sqrt{5 + \sqrt{5}}.$$

$$\text{Verder } \overline{NL}^2 = \overline{LI}^2 - \overline{IN}^2 = R^2$$

$$R^2 \times \frac{5 - \sqrt{5}}{10} = R^2 \times \left( \frac{5 - \sqrt{5}}{10} \right) =$$

$$= R^2 \times \left( \frac{5 - \sqrt{5}}{10} \right) =$$

$$6^\circ. NL = \frac{1}{2} \sqrt{5 -}$$

Indien men dit in

elkander overbrengt =

EGD Fig. 231. en 1

HK, en EL men 1:1

$$= R \times \frac{1}{2} =$$

$$CO^2 = R^2 - \frac{1}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$$= \frac{3}{4} R^2 =$$

$R^2$ : maar  $\overline{BG}^2 = \overline{BD}^2 + \overline{DG}^2 =$   
 derhalve  $BG = R \cdot \sqrt{3}$ : en  $\frac{1}{2} BG =$

DODECAEDRUM. Fig. 230 en 235.

eft het volgende plaats;

5.) van het *Dodecaedrum*, wel-  
 ribbe, door het middelpunt,  
 en overgestelde ribbe gaat, wordt

$$\frac{3 \sqrt{5}}{2} = R \times \frac{2 \sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1}:$$

middelpunt tot een' der hoeken

$$= R \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1}.$$

het middelpunt op ieder der  
 uitgedrukt door

$$\frac{R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}}$$

*dodecaedrum* door

$$\frac{2 R}{5 - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}}.$$

in twee ribben wordt uitgedrukt

eene ribbe maakt met het aan-  
 2".

twee vlakken onderling maken

is *sinus* is  $\frac{2}{\sqrt{5}}$ ; deszelfs *cosinus*

— 2.

*dodecaedrum* van fig. 230. door een vlak  
 de YM gaat, vervolgens door de  
 hoek LMNOP, door de loodlijn  
 inden vijfhoek POIH, dan door  
 KE.

$$\frac{1}{2} R \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{2}} : \text{of}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} R \sqrt{3}}{\frac{1}{2} R \sqrt{3}}$$

$$11^{\circ}. \sin. \angle EIL = \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{6}} = \sin. 20^{\circ}. 54'. 18''.$$

Daar bij voegende  $\angle EIB = 90^{\circ}$ . komt

$12^{\circ}. \angle LIB$ , die eene rib maakt met een der vlakken  $= 110^{\circ}. 54'. 18''$ .

Om dat  $\sin. EIL = \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{6}}$ , is  $\cos. \angle EIL = \sin. \angle MLI$

$$= \sin. \frac{1}{2} \angle ELI = \pm \sqrt{1 - \left(\frac{3 - \sqrt{5}}{6}\right)} =$$

$$\pm \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{6}}. \text{ Maar om dat } \sin. (90^{\circ} + \angle EIL) =$$

$$\cos. \angle EIL \text{ (VIII. 32. N}^{\circ}. 19.) \text{ en } \angle LIB = 90^{\circ} + \angle EIL, \text{ is}$$

$$13^{\circ}. \sin. \angle LIB = \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{6}}. \text{ Maar } \sin. \angle ELI =$$

$$2 \sin. \frac{1}{2} \angle ELI. \cos. \frac{1}{2} \angle ELI \text{ (VIII. 32. N}^{\circ}. 15.) = 2 \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{6}} \times$$

$$\sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{6}} = 2 \sqrt{\frac{9 - 5}{36}} = \frac{2}{3}: \text{ d. i.}$$

$14^{\circ}. \sin. \angle ELI = \frac{2}{3}$ : en dus  $\angle ELI = 138^{\circ}. 11'. 24'' =$   
den hoek die twee vlakken met elkander maken.

Waar door alles wat het *Icosaedrum* betreft opgelost is.

#### IV. TOEPASSING OP DEN CUBUS. Fig. 218.

In den *Cubus*, of Taerling, heeft het volgende plaats:

1<sup>o</sup>. De vlakken maken onderling regte hoeken.

2<sup>o</sup>. De hoogte van den *Cubus* is deszelfs ribbe: en de halve hoogte, of afstand van het middelpunt tot een der vlakken, de halve ribbe.

3<sup>o</sup>. De *as* van den *Cubus* is  $R \sqrt{3}$ ; en derhalve

4<sup>o</sup>. De halve *as*, of afstand van het middelpunt tot een' der hoeken, is  $\frac{1}{2} R \sqrt{3}$ .

Bewijs. Voor N<sup>o</sup>. 1. en 2. klaarlijk. Voor N<sup>o</sup>. 3 en 4.  
BD

$$\overline{BD}^2 = 2 \overline{AD}^2 = 2 R^2: \text{ maar } \overline{BG}^2 = \overline{BD}^2 + \overline{DG}^2 = 2 R^2 + R^2 = 3 R^2: \text{ derhalve } BG = R \cdot \sqrt{3}: \text{ en } \frac{1}{2} BG = \frac{1}{2} R \cdot \sqrt{3}.$$

V. TOEPASSING OP HET DODECAEDRUM. Fig. 230 en 235.

In het *Dodecaedrum* heeft het volgende plaats:

1°. De as MS (fig. 235.) van het *Dodecaedrum*, welke van het uiteinde eener ribbe, door het middelpunt, naar het uiteinde van de tegenovergestelde ribbe gaat, wordt

$$\text{uitgedrukt door } R \sqrt{\frac{9 + 3 \sqrt{5}}{2}} = R \times \frac{2 \sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1};$$

derhalve

2°. De afstand van het middelpunt tot een' der hoeken

$$\text{door } \frac{1}{2} R \cdot \sqrt{\frac{9 + 3 \sqrt{5}}{2}} = R \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1}.$$

3°. De loodlijn CQ, uit het middelpunt op ieder der vlakken nedergeleten, wordt uitgedrukt door

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{25 + 11 \sqrt{5}}{10}} = \frac{R}{(\sqrt{5} - 1)} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}}$$

derhalve

4°. De hoogte van het *Dodecaedrum* door

$$R \sqrt{\frac{25 + 11 \sqrt{5}}{10}} = \frac{2 R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}}.$$

5°. De loodlijn YS tuschen twee ribben wordt uitgedrukt

$$\text{door } R \sqrt{\frac{7 + 3 \sqrt{5}}{2}}.$$

6°. De hoek UYM welke eene ribbe maakt met het aangrenzend vlak is  $121^\circ. 43'. 2''$ .

7°. De hoek YUS welke twee vlakken onderling maken is  $116^\circ. 33'. 54''$ : en deszelfs *sinus* is  $\frac{2}{\sqrt{5}}$ ; deszelfs *cosinus*

$$= \frac{1}{\sqrt{5}}; \text{ deszelfs } \textit{tangens} = 2.$$

BEWIJS. Indien men het *Dodecaedrum* van fig. 230. door een vlak snijdt, het welk langs de ribbe YM gaat, vervolgens door de loodlijn MR van den vijfhoek LMNOP, door de loodlijn RH van den daar aangrenzenden vijfhoek POIH, dan door

de ribbe HS die vlak over YM is, en dan weder door twee loodlijnen van vlakken tot dat men weder op Y komt, verkrijgt men den zeshoek YMRHSUY, in fig. 235. afzonderlijk afgebeeld, en waarin YM, en SH, ribben zijn van het *Dodecaedrum*, of zijden der vijfhoekige vlakken waaruit het bestaat, en MR, RH, SU, UY, loodlijnen in het vlak dier vijfhoeken uit den top op de overstaande zijden nedergelaten.

Indien men verder fig. 230. in de drie vijfhoeken welke om den top M staan, de diagonalen YL, YN, NL trekt, maken dezelve eenen gelijkzijdigen driehoek YLN uit. De loodlijn MR snijdt de diagonaal LN in twee gelijke deelen in i; en de lijn Yi in het vlak van den driehoek YLN getrokken, is de loodlijn uit den top van een' gelijkzijdigen driehoek op de grondlijn deszelfs neergelaten, en derhalve

$$1^{\circ}. Yi \text{ (in fig. 235.)} = LN \sqrt{\frac{1}{4}}.$$

Maar de diagonaal LN is bekend: want indien men  $\rho$  voor den *radius* van den vijfhoek LMNOP neemt, is (VI. 22. Gev. 2.)

$$\overline{LN}^2 = 5\rho^2 - \overline{MN}^2, \text{ en uit VI. 22. Gev. 1. is } \rho^2 = \frac{2\overline{MN}^2}{5 - \sqrt{5}};$$

$$\text{derhalve } \overline{LN}^2 = \frac{10\overline{MN}^2}{5 - \sqrt{5}} - \overline{MN}^2 = R^2 \cdot \left( \frac{5 + \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}} \right)$$

$$= R^2 \cdot \left( \frac{\sqrt{5} + 1}{\sqrt{5} - 1} \right) = R^2 \cdot \left( \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \right); \text{ derhalve is}$$

$$2^{\circ}. LN = R \cdot \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}} = R \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{5} + 1}{\sqrt{5} - 1}}.$$

$$\text{Daar nu } Yi = LN \sqrt{\frac{1}{4}}, \text{ is } Yi = R \cdot \sqrt{\frac{(3 + \sqrt{5}) \cdot 3}{8}}: \text{ d. i.}$$

$$3^{\circ}. Yi = \frac{1}{2} R \cdot \sqrt{\frac{9 + 3\sqrt{5}}{2}}.$$

Maar de As, MS (fig. 235.) valt loodregt op Yi; en dus is YZ  $= \frac{2}{3} Yi$  (Voort. XXXI. Gev. 2. N<sup>o</sup>. 2.) derhalve

$$YZ = \frac{1}{3} R \cdot \sqrt{\frac{9 + 3\sqrt{5}}{2}} = R \cdot \sqrt{\frac{9 + 3\sqrt{5}}{18}}$$

$$= R \cdot \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{6}} = R \cdot \sqrt{\frac{(3 + \sqrt{5}) \cdot (3 - \sqrt{5})}{6(3 - \sqrt{5})}}$$

=

$$= R \sqrt{\frac{9-5}{6(3-\sqrt{5})}} = R \sqrt{\frac{2}{3(9-\sqrt{5})}}.$$

4°. YZ, of de afstand van den top Y in  $\Delta$  LYN (fig. 230.) tot het middelpunt des driehoeks  $= R \sqrt{\frac{3+\sqrt{5}}{6}}.$

$$\text{Verder (fig. 235.), } \overline{MZ}^2 = \overline{YM}^2 - \overline{YZ}^2 = R^2 - R^2 \left( \frac{3+\sqrt{5}}{6} \right)$$

$$= R^2 \left( \frac{3-\sqrt{5}}{6} \right); \text{ d. i.}$$

5°. MZ, de hoogte van de piramide op den driehoek YLN (fig. 230) rustende, en waarvan M de top is  $= R \sqrt{\frac{3-\sqrt{5}}{6}}$

$$= R \sqrt{\frac{2}{9+3\sqrt{5}}}.$$

Maar  $\Delta$  MYS (fig. 235.) is regthoekig (V. 7): derhalve (IV. 15)  $MZ:YM = YM:MS$ : en gevolgelyk

$$6°. MS = \frac{R^2}{R \cdot \sqrt{\frac{2}{9+3\sqrt{5}}}} = R \cdot \sqrt{\frac{9+3\sqrt{5}}{2}}$$

$$= R \cdot \sqrt{\frac{(9+3\sqrt{5}) \cdot (\sqrt{5}-1)^2}{2(\sqrt{5}-1)^2}} = \frac{R \cdot \sqrt{12}}{\sqrt{5}-1}$$

$$= R \times \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{5}-1} : \text{ en}$$

$$7°. YS = \sqrt{MS^2 - YM^2} = R \cdot \sqrt{\frac{3+\sqrt{5}}{3-\sqrt{5}}} = \sqrt{\frac{7+3\sqrt{5}}{2}}.$$

8°. CM = CY, afstand van het middelpunt tot M,

$$= \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{9+3\sqrt{5}}{2}} = R \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}-1}.$$

De loodlijn CQ, uit het middelpunt C neergelaten op den vijfhoek, die een der vlakken is van het *dodecaëdron*, valt op het middelpunt van dien vijfhoek, en gevolgelyk op YU: zoo dat YX de *radius* is van dien vijfhoek, en gevolgelyk (VI. 22.

$$\text{Gev. 1.) is } YQ = R \sqrt{\frac{2}{5-\sqrt{5}}}: \text{ waaruit volgt } \overline{CQ}^2 =$$

$$\overline{CY}^2 - \overline{YQ}^2 = \frac{1}{4} R^2 \left( \frac{9+3\sqrt{5}}{2} \right) - \frac{2}{5-\sqrt{5}} \left( \frac{2}{5-\sqrt{5}} \right)$$

Kk 2



200 *21. Bm! Over de ligchamelijke figuren.*

$$= R^2 \times \frac{(14 + 6\sqrt{5})}{(5 - \sqrt{5})} = \frac{R^2}{4} \times \left( \frac{7 + 3\sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}} \right)$$

$$= \frac{R^2}{4} \times \left( \frac{2 + 3\sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}} \right) \times \left( \frac{5 + \sqrt{5}}{5 + \sqrt{5}} \right) : \text{dat is}$$

$$9^{\circ}. CQ = \frac{R}{2} \times \sqrt{\frac{25 + 11\sqrt{5}}{10}}$$

$$= \frac{R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{(25 + 11\sqrt{5}) \cdot (\sqrt{5} - 1)^2}{40}}$$

$$= \frac{R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}}$$

$$= \frac{R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}} : \text{en derhalve}$$

$$10^{\circ}. QT = R \times \sqrt{\frac{25 + 11\sqrt{5}}{10}} = \frac{2R}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{\sqrt{5}}}$$

Daar MR de geheele loodlijn is uit den top des vijf hoeks op de overstaande zijde neder gelaten, is (door VI. 21. Aanm. 3. en

$$\text{VI. 22. Gew. 1.}) MR = \sqrt{\frac{2}{5 - \sqrt{5}}} \times \left( \frac{5 + \sqrt{5}}{4} \right)$$

$$= R \times \sqrt{\frac{2(5 + \sqrt{5})^2}{16(5 - \sqrt{5})}} = R \sqrt{\frac{15 + 5\sqrt{5}}{4(5 - \sqrt{5})}}$$

$$= R \sqrt{\frac{(15 + 5\sqrt{5}) \cdot (5 + \sqrt{5})}{4(5 - \sqrt{5}) \cdot (5 + \sqrt{5})}} : \text{waaruit volgt}$$

$$11^{\circ}. MR = UY = \frac{R}{2} \sqrt{5 + 2\sqrt{5}}.$$

Uit al het bovenstaande worden de hoeken gemakkelijk opge-  
maakt.

Want in  $\Delta YSM$  is  $MS : YM = 1 : \sin. YSM$ ; derhalve

$$\sin. \angle YSM = \frac{YM}{MS} = \frac{1}{\sqrt{\frac{9 + 3\sqrt{5}}{2}}} = \sqrt{\frac{2}{9 + 3\sqrt{5}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{6}} = \cos. \angle YMS$$

zoo dat  $\angle YSM = 90^\circ$  en  $\angle YMS = \angle HYM = 59^\circ 3' 42''$ .

Maar in  $\Delta CQY$  is  $CY : CQ = r : \sin \angle QYC$  en  $\sin \angle QYC$

$$= \frac{CQ}{CY} \sqrt{\frac{25 + 11\sqrt{5}}{10(9 + 3\sqrt{5})}} = \sqrt{\frac{45 + 11\sqrt{5}}{15(3 + \sqrt{5})}}$$

$$= \sqrt{\frac{(25 + 11\sqrt{5}) \cdot (3 - \sqrt{5})}{15(3 + \sqrt{5}) \cdot (3 - \sqrt{5})}} = \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{15}} : \text{zoo dat}$$

$$\angle QYC = 52^\circ 47' 20''.$$

$$\text{daar bij } \angle HYM = 59^\circ 3' 42''$$

$$\text{komt } \angle UYM = 121^\circ 43' 2''.$$

In  $\Delta UYF$  is  $UY : YF (= \frac{1}{2} YS) = 1 : \sin \angle YUF$   
 $(= \frac{1}{2} \angle YUS)$

$$\sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{5 + 2\sqrt{5}}}$$

$$\text{derhalve } \sin \frac{1}{2} \angle YUS = \frac{YS}{YU} = \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{5 + 2\sqrt{5}}}$$

$$= \sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{10 + 4\sqrt{5}}}$$

$$\text{en } \cos \frac{1}{2} \angle YUS = \sqrt{1 - \frac{(7 + 3\sqrt{5})}{10 + 4\sqrt{5}}} = \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{10 + 4\sqrt{5}}}$$

$$\text{en } \sin \angle YUS = 2 \sin \frac{1}{2} \angle YUS \times \cos \frac{1}{2} \angle YUS =$$

$$2 \sqrt{\frac{(7 + 3\sqrt{5})(3 + \sqrt{5})}{(10 + 4\sqrt{5})^2}} = 2 \sqrt{\frac{36 + 16\sqrt{5}}{180 + 80\sqrt{5}}} =$$

$$2 \sqrt{\frac{9 + 4\sqrt{5}}{45 + 20\sqrt{5}}} = 2 \sqrt{\frac{(9 + 4\sqrt{5})(45 - 20\sqrt{5})}{(45 + 20\sqrt{5})(45 - 20\sqrt{5})}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{5}{25}} = \frac{2}{5} : \text{gevolgelyk } \angle YUS = 116^\circ 33' 54''.$$

De *cosinus* is  $\frac{1}{5}$  en de *tangent*  $= 2$ .

AANMERKING. Men hadt  $\angle YUS$  veel korter kunnen vinden:

want  $\angle UYM = 121^\circ 43' 2''$ .

af  $\angle SYM = 90^\circ$ .

blijft  $\angle UYS = 31^\circ 43' 2''$ .

$\angle USY = \angle UYS = 31^\circ 43' 2''$ .

$63^\circ 26' 4''$ .

Supplement  $= \angle YUS = 116^\circ 33' 56''$ .

Kk 3

Maar

*Maar wij hebben willen doen zien hoe men den sinus en den cosinus diens hoek tot eene zeer eenvoudige uitdrukking herleidt, de ziele als LE GENDRE op eene geheel andere wijze gevonden heeft.*

### XXXIV. VOORSTEL.

De inhoud van een regelmatig ligchaam wordt uitgedrukt door deszelfs oppervlakte, gemultipliceerd door het derde gedeelte van de loodlijn uit het middelpunt op een der vlakken neergelaten: of, wat op het zelfde uitkomt, is gelijk aan een *parallelepipedum*, waarvan het grondvlak gelijk is aan de oppervlakte des ligchaams, en de hoogte het derde gedeelte is van de loodlijn, uit het middelpunt op een der vlakken van het ligchaam neergelaten.

L. G. VII, Appendix, prop. 3. Schol. 2.

BEWIJS. Uit Voorstel XXX.

AANMERKING. LE GENDRE stelt in de plaats van de loodlijn uit het middelpunt op een der vlakken neder gelaten, den *radius* van den ingeschreven kloop; het geen op het zelfde uitkomt.

### XXXV. VOORSTEL.

De inhoud van een *tetraedum* is gelijk aan een regthoekig *parallelepipedum* van de zelfde hoogte en wiens grondvlak gelijk is aan het derde gedeelte van het driehoekig grondvlak des *tetraedrum*s.

De inhoud van een *octaedrum* is gelijk aan een regthoekig *parallelepipedum* wiens hoogte de as is van het *octaedrum*, en wiens grondvlak een derde gedeelte is van het vierkant op de ribbe van het *octaedrum* beschreven.

De inhoud van een *icosaedrum* is gelijk aan een regthoekig *parallelepipedum*, waarvan de hoogte het derde gedeelte is van de loodlijn tusschen twee tegenoverstaande evenwijdige zijden van het *icosaedrum* begrepen, of van de hoogte van het *icosaedrum*, en het grondvlak het tienvoud van een der driehoeken die het *icosaedrum* uitmaken.

De inhoud van het *dodecaedrum* is gelijk aan een regthoekig *parallelepipedum* waarvan de hoogte de hoogte is van het *dodecaedrum*, en het grondvlak het dubbeld van een der vijfhoeken die het *dodecaedrum* uitmaken.

BEWIJS. Voor het *tetraedrum*, dat eigenlijk eene volmaakt regelmatige *pyramide* is, en voor het *octaedrum* dat eene dubbelde regelmatige vierkante *pyramide* is, uit Voorstel XXVI. Voor het *icosaedrum* en het *dodecaedrum* uit Voorstel XXX, door hetwelk men het *icosaedrum* beschouwt als uit 20 driehoekige, en het *dodecaedrum* als uit 12 vijfhoekige *pyramiden* bestaande, wier hoogte is de halve hoogte van het *icosaedrum* of van het *dodecaedrum*.

I. AANMERKING. Ingevolge van het voorgaande, kan men de oppervlakte en den inhoud van ieder der vijf regelmatige lichamen gemakkelijk uitdrukken; den *cubus* van de ribbe, in iedere dezer figuren, welke ribbe wij door  $R$  uitdrukken, ten grondslag nemende: en verder de inhouden van den *cubus*, van het *tetraedrum*, het *octaedrum*, het *icosaedrum*, en het *dodecaedrum*, respectivelijk door  $C$ ,  $T$ ,  $O$ ,  $I$ , en  $D$  uitdrukkende: het geen het onderwerp maakt dezer vijf gevolgen.

I. GEVOLG.

De *cubus*.

De oppervlakte van een *cubus* is  $6 R^2$ : en deszelfs inhoud, of  $C$ ,  $= R^3$ .

II. GEVOLG.

Het *TETRAEDRUM*. Fig. 225, 224.

1°. De oppervlakte is  $R^2 \cdot \sqrt{3}$ .

2°. De inhoud is,  $T = R^3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{12} = R^3 \times \frac{1}{6\sqrt{2}}$ .

BEWIJS. Immers: de oppervlakte is  $4 \Delta AVB = 4 AV \times \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{3}{4}\right) AV^2} = AV^2 \times \sqrt{3}$ . De inhoud is (Voorst. XXVI.)

$$= \frac{\Delta AVB}{3} \times \text{hoogte} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} AV \times \sqrt{\frac{3}{4} AV^2} \times VE =$$

$$(\text{Voorst. XXXIII. N°. 1.}) = \frac{1}{12} AV^2 \times \sqrt{3} \times AV \times \sqrt{\frac{3}{4}} =$$

$$\frac{1}{12} AV^3 \times \sqrt{2}: \text{waaruit het Voorstel volgt.}$$

III. GEVOLG.

Het *OCTAEDRUM*. Fig. 226.

1°. De oppervlakte van het *octaedrum* is  $2 R^2 \sqrt{3}$ .

2°. De inhoud is,  $O = \frac{1}{3} R^3 \sqrt{2} = R^3 \times \frac{1}{3} \sqrt{2}$ .

BEWIJS. De inhoud van het vierkant op  $AB$ , is  $\overline{AB^2}$ ; de  $as$  is  $AB \sqrt{2}$ .

$$\text{Derhalve de inhoud } O = \frac{1}{3} \overline{AB^2} \times AB \sqrt{2} = \frac{1}{3} \overline{AB^3} \sqrt{2}.$$

De oppervlakte van het driehoekig vlak  $ABV$  is  $\frac{1}{2} \overline{AB^2} \cdot \sqrt{3}$ : gevolgelyk de oppervlakte van het geheel ligchaam  $= \frac{3}{4} \overline{AB^2} \sqrt{3} = 2 R^2 \cdot \sqrt{3}$ .

IV.

IV. GEVOLG.

Het ICOSAE DRUM. Fig. 228, 234.

1<sup>o</sup>. De oppervlakte van het *icosaedrum* wordt uitgedrukt door  $5 R^2 \sqrt{3}$ .

2<sup>o</sup>. De inhoud (I) door  $R^3 \times \frac{5}{12} (3 + \sqrt{5})$ .

BEWIJS. De oppervlakte van het driehoekig vlak wordt uitgedrukt door  $\frac{1}{2} \overline{BI}^2 \cdot \sqrt{3}$ : dus de geheele oppervlakte door  $\frac{20}{4} \overline{BI}^2 \times \sqrt{3} = 5 \overline{BI}^2 \cdot \sqrt{3} = 5 R^2 \cdot \sqrt{3}$ .

De halve hoogte is  $\frac{R}{2} \cdot \sqrt{7 + \frac{3}{6} \sqrt{5}}$  (Voorst. XXXIII. N<sup>o</sup>. III)

Gevolgelijk de inhoud  $I = \frac{1}{3} \times 5 R^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \times \frac{R}{2} \sqrt{7 + \frac{3}{6} \sqrt{5}}$

$$= \frac{5 R^3}{6} \sqrt{\frac{3(7 + \frac{3}{6} \sqrt{5})}{16}} = \frac{5}{6} R^3 \sqrt{\frac{7 + \frac{3}{2} \sqrt{5}}{2}}$$

$$= \frac{5 R^3}{6} \sqrt{\frac{14 + 3 \sqrt{5}}{2}} = \frac{5 R^3}{6} \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}}$$

$$= \frac{5 R^3}{12} \cdot (3 + \sqrt{5}).$$

II. AANMERKING. De oppervlakte van het *icosaedrum* is  $= 20 \times \Delta HGI = 60 \times \Delta HTI = 60 \times HI \times \frac{1}{2} TX = 30 HI \times TX$ : gelijk aan den regthoek begrepen onder dertigmalen HI en de loodlijn TX: het geen voorkomt bij EUCLIDES in XIV. 13.

V. GEVOLG.

Voor het DODÉCAE DRUM. Fig. 230, 235.

De oppervlakte van het *dodecaedrum* wordt uitgedrukt door  $15 R^2 \sqrt{\frac{5 + 2 \sqrt{5}}{5}} = R^2 \times 5 \sqrt{3} \times \sqrt{\frac{3(5 + 2 \sqrt{5})}{9}}$

en deszelfs inhoud  $D = R^3 \times \left( \frac{15 + 7 \sqrt{5}}{4} \right)$ .

BEWIJS. Men moet eerst den inhoud van den vijfhoek, grondvlak des *Dodecaedrum* bepalen.

Deze is  $5 \overline{YM} \times \frac{1}{2}$  loodlijn: maar die loodlijn is

$$\frac{\overline{YM}}{2} \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} \text{ (Voorstel XXXIII. N°. V. 3°.)}$$

$$\begin{aligned} \text{Gevolgelijk is 1°. de vijfhoek} &= \frac{5}{4} \overline{YM}^2 \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} \\ &= \frac{\overline{YM}^2}{4} \times \sqrt{5(5 + 2\sqrt{5})}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En derhalve 2°. de oppervlakte} &= \frac{5 \times 12}{4} \overline{YM}^2 \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} \\ &= 15 \overline{YM}^2 \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} = 3 \overline{YM}^2 \times \sqrt{5(5 + 2\sqrt{5})}. \end{aligned}$$

De halve hoogte van het *Dodecaedrum* is (Voorst. XXXIII. N°. V. 4°.)

$$CQ = \frac{\overline{YM}}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{5}}: \text{gevolgelijk geeft het derde}$$

gedeelte der oppervlakte van den vijfhoek, door twaalf malen de halve hoogte gemultipliceerd, den inhoud der twaalf *pyramiden* die (Voorst. XXXIV.) het *Dodecaedrum* uitmaken: en dus

$$\begin{aligned} 3°. D &= \frac{5}{12} \overline{YM}^2 \times \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} \times \frac{12 \overline{YM}}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{2 + \sqrt{5}}{5}} \\ &= \frac{5 \overline{YM}^3}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\left(\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}\right) \times \left(\frac{2 + \sqrt{5}}{5}\right)} = \\ &= \frac{5 \overline{YM}^3}{\sqrt{5} - 1} \times \sqrt{\frac{20 + 9\sqrt{5}}{5}} = \\ &= \overline{YM}^3 \times \sqrt{\frac{(20 + 9\sqrt{5}) \cdot \sqrt{5}}{6 - 2\sqrt{5}}} = \overline{YM}^3 \times \sqrt{\frac{20\sqrt{5} + 45}{6 - 2\sqrt{5}}} \\ &= \overline{YM}^3 \times \sqrt{\frac{(20\sqrt{5} + 45) \times (6 + 2\sqrt{5})}{(6 - 2\sqrt{5}) \times (6 + 2\sqrt{5})}} \\ &= \overline{YM}^3 \times \sqrt{\frac{210\sqrt{5} + 470}{16}} = R^3 \times \left(\frac{15 + 7\sqrt{5}}{4}\right). \end{aligned}$$

III. AANMERKING. De oppervlakte des *dodecaedrum*s is gelijk

lijk aan de twaalf vijfhoeken die deszelfs vlakken uitmaken:  $12 \times 5 \text{ Y M} \times \frac{1}{2} \text{ loodlijn} = 30 \text{ Y M} \times \text{loodlijn}$ : of, is gelijk aan den regthoek begrepen onder 30 malen de ribbe en de loodlijn: het geen bij EUCLIDES is XIV. 3.

## VI. GEVOLG.

Indien de ribben waaruit de vijf regelmatigte lichamen bestaan even groot zijn, zal de volgende verhouding tuschen derzelver oppervlakte plaats hebben.

Oppervlakte van den <i>cubus</i>	$6 \cdot R^2$	$= R^2 \sqrt{3} \times \sqrt{12}$ .
— — — — — het <i>tetraedrum</i>		$= R^2 \sqrt{3}$ .
— — — — — <i>octaedrum</i>		$= R^2 \sqrt{3} \times 2$ .
— — — — — <i>icosaedrum</i>		$= R^2 \sqrt{3} \times 5$ .
— — — — — <i>dodecaedrum</i>		$= R^2 \sqrt{3} \times$
		$5 \frac{\sqrt{3(5 + 2\sqrt{5})}}{5}$ .

## VII. GEVOLG.

Indien in de vijf regelmatigte lichamen de ribben even groot zijn, zullen de inhouden dier lichamen staan in de volgende rede:

<i>Cubus</i>	$\cdot \cdot \cdot$	$= R^3$
<i>Tetraedrum</i>	$R^3 \times \frac{\sqrt{2}}{12}$	$= R^3 \times 0.11785$
<i>Octaedrum</i>	$R^3 \times \frac{4\sqrt{2}}{12}$	$= R^3 \times 0.47140$
<i>Icosaedrum</i>	$R^3 \times \left( \frac{15 + 5\sqrt{5}}{12} \right)$	$= R^3 \times 2.18169$
<i>Dodecaedrum</i>	$R^3 \times \left( \frac{45 + 21\sqrt{5}}{12} \right)$	$= R^3 \times 7.66312$

Zoo dat het *octaedrum* het viervoud is van het *tetraedrum*; en het *dodecaedrum* het drievoud van het *icosaedrum* overtreft met  $\frac{R^3 \times \sqrt{5}}{2}$ .

## VIII. GEVOLG.

Indien de vijf regelmatigte lichamen gelijke inhouden hebben,

ben, zullen dezelve ribben tot elkander staan in de volgende rede:

Ribbe van den *cubus* tot die van het *tetraëdram*, van het *octaëdram*, van het *icosaëdram*, van het *dodecaëdram*, respectievelijk als

$$1 : 2.0396 : 1.2849 : 0.7710 : 0.5052.$$

Ribbe van het *tetraëdram* tot die van den *cubus*, van het *octaëdram*, van het *icosaëdram*, van het *dodecaëdram*, als

$$1 : 0.4903 : 0.6300 : 0.3780 : 0.2477.$$

Ribbe van het *octaëdram* tot die van den *cubus*, van het *tetraëdram*, van het *icosaëdram*, van het *dodecaëdram*, als

$$1 : 0.7786 : 1.5874 : 0.6014 : 0.3932.$$

Ribbe van het *icosaëdram* tot die van den *cubus*, van het *tetraëdram*, van het *octaëdram*, van het *dodecaëdram*, als

$$1 : 1.2979 : 2.6452 : 1.6664 : 0.6554.$$

Ribbe van het *dodecaëdram* tot die van den *cubus*, van het *tetraëdram*, van het *octaëdram*, van het *icosaëdram*, als

$$1 : 1.9793 : 4.0370 : 2.5432 : 1.5262.$$

bewijs. Stellende voor de ribben  $(R . c)$ ,  $(R . t)$ ,  $(R . o)$ ,  $(R . i)$ ,  $(R . d)$  is door het 7. Gevolg: *cubus* tot *tetraëdram* =

$$(R . c)^3 : (R . t)^3 \propto \frac{V_2}{12} : \text{en derhalve uit de onderstelling,}$$

$$(R . c)^3 = (R . t)^3 \propto \frac{V_2}{12} : \text{of } (R . c)^3 : (R . t)^3 =$$

$$1 : \frac{12}{V_2} \text{ en } (R . c) : (R . t) = \sqrt[3]{\frac{12}{V_2}} = 1 : 2.0396. \text{ Inge-}$$

$$\text{lijks } (R . c) : (R . o) = 1 : \sqrt[3]{\frac{12}{4 \cdot V_2}} = 1 : 1.2849 \text{ en zoo}$$

voorts voor de overige gevallen.

IV. AANMERKING. Men vindt op sommige *proportioneel passers* van vroegeren tijd eene lijn, welke tot opschrift voert *reductio corporum regularium*. d. i. *herleiding der regelmatigte lichamen*. De lijnen tot de zelfde grootte: de lijnen derhalve, die zich van het middelpunt des proportioneel-passers op ieder blad uitstrekken tot *dodecaëdram*, *icosaëdram*, *cubus*, *octaëdram*, *tetraëdram*, staan in de zelfde rede als de ribben dier lichamen staan moeten, op dat deze gelijken inhouden hebben.

Indien men dan bijv. de ribbe kent van een *cubus*, neemt men derzelver grootte met een gewonen passer, en opent



den proportionaal-pasfer tot dat de beide punten des pasfers, welke de ribbe van den gemelden *cubus* bevatten, op die lijn staan van *cubus* tot *cubus*: dan zullen de afstanden van *dodecaedrum* tot *dodecaedrum*, van *icosaedrum* tot *icosaedrum*, enz. de grootte aanduiden der ribben van die ligchamen, als derzelver inhoud gelijk zal zijn aan die van den gegeven *cubus*.

Tusfchen den *cubus* en het *octaedrum* staat op die zelfde lijn de *kloot*: die afstand duidt de middellijn aan welke een kloot hebben moet om gelijken inhoud te bezitten als de vijf regelmatige ligchamen, wier ribben op de lijnen aangeeteekend staan. Zie over de bepaling van dien afstand, XII. 18. Aanm.

### XXXVI. VOORSTEL.

Alle de regelmatige ligchamen van de zelfde foort, of de zelfde benaming, gelijk mede alle de gelijkvormige ligchamen, staan tot elkander in de driedubbelde rede der ribben uit welke zij gevormd zijn; en hunne oppervlakten staan in de verdubbelde rede der zelfde ribbe.

BEWIJS. Uit het XXXIV. Voorstel en Voorstel XXXI. Gev. 7: en IV. 27. of uit Voorstel XXXV. Gev. 6 en 7.

AANMERKING. Hierop steunt, op sommige *proportionaal-pasfers*, de lijn die met het woord *cubic* of *solides*, bestempeld is. Er is, als naar gewoonte, eene dier lijnen op ieder blad des pasfers: zij zijn in ongelijke deelen verdeeld, welke deelen de rede van de derde magten volgen. Bijv. men neme van het middelpunt af den afstand 2: dan valt het dubbeld van dien op 8: om dat 8 de derde magt is van 2. Men neme de lijn 5: derzelver dubbeld valt op 40: d. i. op 8 malen 5, om dat 8 de *cubus* is van 2: insgelijks het dubbeld van 7 valt op  $8 \times 7$  of 56. Die lijn *cubic* dient dan om de zijden te vinden van een ligchaam dat een bepaald gedeelte of een bepaald veelvoud (stel het *mvoud*) moet zijn van een gegeven ligchaam, en tevens daar aan gelijkvormig. Immers de zijde *a* van het ligchaam A zal staan tot *b*, zijde van het gezochte ligchaam B, zoo als  $\sqrt[3]{1} : \sqrt[3]{m}$ . Indien men eenen *cubus* maken moet die het dubbeld zij van een' anderen: men stelle de zijde van den gegeven *cubus* van 1 tot 1 op de beide lijnen *cubic*; de afstand van 2 tot 2, zal de zijde des gezochten

ten *cubus* zijn. Zie een ander gebruik dier lijn, te weten om twee middel-evenredigen te vinden, in het III. Boek der Werkstukken: Werkstuk IX. Oplossing 6.

### XXXVII. VOORSTEL.

Van gelijkvormige regelmatige lichamen, hebben kleinere meerder oppervlakte met betrekking tot derzelver inhoud dan de grootere: en wel in omgekeerde rede van derzelver ribben.

BEWIJS. Uit Voorstel XXXVI.

---

## IV. AFDEELING.

### OVER DE BESCHRIJVING DER REGELMATIGE LICHAMEN IN ELKANDER.

#### XIX. BEPALING.

Eene lichamelijke figuur wordt gezegd in eene andere lichamelijke figuur beschreven te zijn, als alle derzelver hoeken, of op de hoeken, of op de ribben, of op de vlakken van die laatstgemelde figuur rusten.

EUCL. XI. Bep. 31. in sommige uitgaven van het werk van dien Schrijver.

AANMERKING. Wanneer alle de hoeken van de eene Figuur, of op *alle* de zijden, of op *alle* de ribben, of op *alle* de hoeken, van de andere Figuur rusten, wordt de eerstgemelde gezegd *volmaaktelijk* in de laatstgemelde beschreven te zijn: doch wanneer *alle* de hoeken van de eerste slechts, of op *eenige* zijden, of op *eenige* ribben, of in *eenige* hoeken der laatstgemelde rusten, is de inschrijving onvolmaakt. Zie verder XXXVIII. Voorstel, Gev. 2.

#### XX. BEPALING.

Eene lichamelijke figuur wordt gezegd om eene andere figuur beschreven te zijn, wanneer hare zijden, ribben, of hoeken, de hoeken van de laatstgemelde figuur raken.

EUCL. XI. Bep. 32.

### XXXVIII. VOORSTEL.

Geen lichamelijke figuur kan in eene andere beschreven worden, ten zij het gemaal of van ribben, of van zijden, of van

van hoeken in de laatstgemelde, ten minsten even groot zij als het getal der hoeken in de eerstgemelde.

BEWIJS. Uit de XIX. Bepaling.

### I. GEVOLG.

Dus kunnen noch de *cubus*, noch het *icosaëdrum*, noch het *dodecaëdrum*, in een *tetraëdum* beschreven worden: noch het *dodecaëdrum* in het *octaëdrum*, of in den *cubus*.

### II. GEVOLG.

De overige lichamen kunnen in elkander beschreven worden, doch niet alle volmaaktelijk: *volmaaktelijk* noemt men het, wanneer alle de hoeken, van de ingeschreven figuur alle de zijden, of ribben, of hoeken, van de andere raken: *minder volmaaktelijk*, wanneer eenige van de ribben der laatstgemelde niet geraakt worden, om dat zij meerder in getal zijn.

I. AANMERKING. In het vijftiende Boek der Grondbeginselen van EUCLIDES, doch het welk, even als het XIV, hoogstwaarschijnlijk, om niet te zeggen zeker, niet van EUCLIDES zelfen, maar van HYPsicLES den *Alexandryner* is, wordt alleen over de *volmaakte* inschrijving gehandeld, en te regt: deze alleen kan dien naam waarlijk dragen, en voldoet aan de bepaling. Een der uitgeveren van EUCLIDES, FOIX DE CANDALLS, heeft aan het einde van het XV. Boek, te beginnen namelijk met het VI. Voorstel, en het VI. en VII. van den Schrijver weglatende, eenige Voorstellen gevoegd over die inschrijving, welke wij *onvolmaakte* noemen, en ook over eene andere soort van inschrijving welke enkel hierin bestaat, dat een lichaam in een ander lichaam bevat, of ingesloten, is, zonder dat echter alle deszelfs hoeken, maar slechts eenige, de zijden of ribben van het andere raken; of ook zoodanig, dat eenige zijden van het eene geheel op de zijden van het andere liggen: hij heeft insgelijks bij de XV. Boeken een XVI. Boek over de onderlinge in- en omschrijving van de regelmatigte Figuren gevoegd: CLAVIUS heeft dit alles overgenomen, gelijk mede voocht. Doch hierin zullen wij ons niet inlaten: en slechts met een enkel woord de volmaakte omschrijving aanstippen.

### III. GEVOLG.

Een *tetraëdrum* is in den *cubus* beschreven, wanneer de zes ribben van het zelve de zes vlakken van den *cubus* raken, en dus langs derzelve diagonalen liggen: waaruit volgt, dat de hoeken van het *tetraëdrum* met hunne toppen die van den *cubus* raken, en in die hoeken begrepen zijn.

EUCL. XV. 1.

### IV. GEVOLG.

Een *octaëdrum* kan beschreven worden in een *tetraëdrum*, en in een *cubus*.

#### IV. Afd.: Over de beschr. der regelm. ligchamen. 511

In een *tetraedrum*, mits de zes hoeken ieder op eene der ribben van het *tetraedrum* staan, en wel op het midden dier ribben.

EUCL. XV. 2.

In een' *cubus*, mits de zes hoeken de zes vlakken van den *cubus* raken, en wel in het middelpunt dier vlakken, dat is in het stip daar de beide diagonalen zich snijden.

EUCL. XV. 3.

#### V. GEVOLG.

Een *cubus* kan beschreven worden in een *octaedrum* en in een *dodecaedrum*.

In een *octaedrum*, wanneer de acht hoeken van den *cubus* ieder op eene der vlakken van het *octaedrum* rusten; en dat wel in het middelpunt van die vlakken; dat is (IV. 14. Gev. 3.) op de tweede gedeelten van de lijn, welke uit den top van iederen hoek, in de driehoekige vlakken, loodrecht op de tegenoverstaande zijde van dien driehoek staat.

EUCL. XV. 4.

In een *dodecaedrum*: Indien men namelijk in de vier vijfhoeken die om (Fig. 230.) de ribben ML, LP, LX en XW liggen, de diagonalen MP, MB, BW, WP trekt, heeft men een vierkant het welk zich met vijf vierkanten op gelijke wijze beschreven veréénigt, en den *cubus* maakt; wiens acht hoeken dus in acht hoeken van het *dodecaedrum* staan: en de vier lijnen, die de assen zijn van den *cubus*, zijn tevens assen van het *dodecaedrum*.

II. AANMERKING. Een gedeelte van de bewerking van EUCLIDES XII. 17. kan hiertoe gebragt worden.

III. AANMERKING. Het blijkt uit Fig. 218, dat de As, of diagonaal

van den *cubus*, is  $BG = \sqrt{DG^2 + DB^2} = \sqrt{3} DG$

$= DG \sqrt{3}$ : ook zal hier Fig 230. de as van den *cubus*, daar MP de zijde is, zijn  $MP \cdot \sqrt{3}$ .

Maar (Voorst. XXXIII. V. 2°.)  $MP = LM \times \sqrt{\frac{\sqrt{5} + 1}{\sqrt{5} - 1}}$

$= LM \times \sqrt{\frac{4}{(\sqrt{5} - 1)^2}} = \frac{2 LM}{\sqrt{5} - 1}$  en derhalve de as van

den *cubus*  $= LM \times \frac{2 \sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1}$ : het geen juist is de uitdruk-

king voor de as van het *dodecaedrum*. (Zie Voorst. XXXIII. N°. V. 1°.).

#### VI. GEVOLG.

Een *dodecaedrum* kan in een *icosaedrum* beschreven worden, indien de hoeken van het *dodecaedrum* ieder op een vlak van het *icosaedrum*

*drum* rusten, en wel op het middelpunt van dat vlak: dat is op twee derde gedeelten van de lijn, welke uit den top van iederen driehoek, die een vlak van het *icosaëdruum* uitmaakt, op de tegenovergestelde zijde van dien driehoek loodrecht staat.

EUCL. XV. 8.

## VII. GEVOLG.

Het spreekt van zelf dat ieder regelmatig ligchaam in een regelmatig ligchaam van de zelfde soort kan beschreven worden.

IV. AANMERKING. De beschouwing der regelmatige lichamen kan somtijds aanleiding geven tot zonderlinge vraagstukken; onder deze munt het volgende uit, door Prins RUPERT, of ROBERT (\*), uit het doorluchtig huis van de Paltzgraven aan den Rhijn, voorgesteld, en werktellig gemaakt, vervolgens door WALLIS naar de regelen der Meetkunst opgelost, (zie *Opera Mathem.* II. p. 470) en naderhand door WIRUWLAND uitgebreid en volmaakt. Het oorspronkelijk vraagstuk was: „Eenen *cubus* zoodanig uitsnijden, dat er een andere *cubus* van gelijke grootte door „kan” De uitbreiding, naderhand aan het vraagstuk gegeven, is aantoonen, dat de uitsnijding zoodanig geschieden kan dat er een grooter *cubus* doorgaat, en de hoegrootte van den grootsten *cubus* te bepalen.

UITLEGGING. De volgende uitlegging van dit Voorstel zal hier genoeg zijn. Zie Fig. 235 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Indien men de bovenste oppervlakte ABCD (Fig. 235 *a*.) van een *cubus* BCDH Fig 235. *c*) beschouwt, is het klaarblijkelijk dat de diagonaal AC grooter is dan de zijde AB en wel  $= AB \times \sqrt{2}$ ; dat men derhalve op AC, en zelfs nog op eenigen afstaand van AC, op eene lijn *kb* evenwijdig aan AC, eene lijn nemen kan *kb* ten minsten gelijk aan AB: en dat indien men daarop *ki* en *bm* loodrecht trekt, er door *k b m i* een ligchaam zoude kunnen gaan, even breed als de *cubus*. Het zelfde zij van het onderste vlak GFEH, (Fig. 235. *b*) en van de sleuf *enpq* gezegd: zullende dus *kb* en *np* niet recht onder elkander staan, maar schuinsch ten opzichte van elkander liggen.

Wanneer men nu den gegeven *cubus* AHGB CDEH, (Fig. 235. *c*) uitsnijdt naar de lijnen aldaar, en boven dien in fig. 235. *a*, *b*, voor het bovenste en onderste vlak opgegeven, wordt uit het zelfde het stuk AHGsbmDrnik A (Fig. 235. *c*) genomen, en er blijft over (Fig. 235. *d*) een dun gedeelte *ikBCm* van het boven vlak: een dergelijk HErp van het onderste vlak: beide met elkander vereenigd door de opstaande streken Hnik A, en bCmpq, welke als eene open poort *niBbmpq* uitmaken, waar een lig-

(\*). Deze Vorst, een ongemeen schrandere man, met zeldzame kundigheden voorzien, een zeer dapper en beroemd vlootvoogd, was zoon van den Paltzgrave FREDERIK den V, Koning van Boheme, en van ELIZABETH, dochter van JACOBUS den I, Koning van Engeland; en, door zijne grootmoeder, LOUISA JULIANA van ORANJE-NASSAU, gemaal van zijnen grootvader den Paltzgraaf FREDERIC den IV, achterkleinzoon van WILLEM den I. Prins van ORANJE-NASSAU. Prins RUPERT is in 1682 overleden.

#### IV. Afd.: Over de beschr. der regelm. lichamen. 513

ligchaam door kan; en indien men het blok dat uit den *cubus* gesneden en in Fig. 235. *e* afgebeeld is, daarin schuift, is de geheele *cubus* hersteld, zoo als in Fig. 235. *c*.

Indien nu (Fig. 235. *d*)  $kb$  en  $np$  even groot en gelijk zijn aan de grondlijn  $AD$  of  $HE$  van den gegeven *cubus*; kan die *cubus* in de breedte, door de gemelde opening of poort; maar dezelve zoude er in de hoogte niet door komen, indien de lijn  $np$  van het aanblijvend gedeelte  $npE$  van het onderste grondvlak in een loodrecht vlak stond onder de lijn  $kc$  van het aanblijvend gedeelte  $ABCm$  des bovensten vlaks; doch, gelijk reeds is aangemerkt, dat is zoo niet: het vlak, dat door die twee lijnen gaat ligt schuins op het grondvlak, en er kan derhalve in dat vlak  $Kbpn$  eene lyn loodrecht op  $kb$  en op  $np$  genomen worden, gelijk aan de hoogte van den *cubus*; en het onderste vlak wordt niet evenwijdig aan  $HE$  gesneden, maar, volgens  $nr$ , welke  $nr$  loodrecht op het vlak  $kbpn$  staat: zoo dat de *cubus*, als die door de poort  $nkbmpq$  zal gaan, langs een hellend vlak  $pqrz$  gleidt: en insgelijks wordt de bovenste vlakke, schuinsch naar beneden gesneden, volgens de lijn  $ks$ : zoo dat de twee hellende vlakken  $skb$  en  $nrp$  evenwijdig aan elkander zijn: waar door de *cubus* met zijn voorstuk  $AHGB$  door de poort zullende gaan, met zijn grondvlak  $EHG$  langs het vlak  $nrz$  glijdt, en met zijn bovenste vlak  $ADCB$  bestendig het bovenste hellend vlak  $skb$  raakt, en volkomen door die vlakken en de stijlen der poort omvat wordt.

Gelijk men in het vlak  $ABCD$  eene lijn  $kb$  grooter kan nemen dan  $AB$ , de lijn waarop de *cubus* gesteld is; kan men ook de lijnen  $kb$  en  $np$  zoodanig, ten opzichte van elkander, inrigten, dat de lijn  $pn$  die op beiden loodrecht staat, ook grooter zij dan  $AD$ : op welke wijze de poort eenen *cubus* kan doorlaten die grooter is dan de gegeven *cubus*.

Waaruit de vraag volgt, den grootsten *cubus* te bepalen die door eenen gegeven *cubus* gaan kan. Dit vraagstuk is door wijlen den beroemden NIEUWLAND opgelost in eene zeer korte Verhandeling, welke ik in het *Aanhangsel* zal inlaschen, om aan de weerlust mijner lezers te voldoen,

## T W A A L F D E   B O E K.

### OVER DE LICCHAMELIJKE FIGUREN DIE DOOR KROMME OPPERVLAKTEN BE- PAALD ZIJN.

De lichamen, of lichamelijke figuren, worden, gelijk in de eerste bepaling van het XI. Boek, en de Aanmerking daar op, gezegd is, of door *vlakke*, of door *kromme oppervlakten*, bepaald. Over de eerste soort is in het XI. Boek gehandeld. Van de menigvuldige lichamen die tot de tweede soort gebragt kunnen worden, zijn er maar drie welke tot de *elementaire* Meetkunde behooren, te weten, de *cylinder*, of rol; de kegel; en de kloot, of bol, of *sphaer*. De ronde, en bolle oppervlakten van deze drie lichamen zijn haren oorsprong aan den cirkel, of aan den cirkel en regte lijn te samen verschuldigd, de twee enige lijnen welke, naar den striksten zin door de Ouden aan dat woord gegeven, onderwerpen zijn van de *elementaire Geometrie*. Wij zullen ons dan in dit Boek alleen tot deze drie soorten van ronde lichamen bepalen.

### I.   A F D E E L I N G.

#### OVER DEN CIJLINDER, OF ROL.

##### I.   B E P A L I N G.   Fig. 237.

Indien men onderstelt dat, wanneer twee gelijke cirkels [A G B en C H D] in twee verschillende, doch evenwijdige vlakken geplaatst, en derzelver middelpunten [E en F] door eeene regte lijn [E F] vereenigd zijn, er zich eene regte lijn rondom de omtrekken van die cirkels, altijd evenwijdig aan zich zelve en aan de lijn [E F] die de middelpunten vereenigt, bewege, en door die beweging eene bolle oppervlakte beschrijve: zal het ligchaam [A C H D B G A] dat door die beweging gevormd, en door de gegeven  
cir-

cirkels besloten wordt, een *Cylinder*, of Rol, zijn. De cirkels die den zelven onder en boven besluiten, worden de *grondvlakken* genoemd. — De *cylinder*, of rol, zal regt op het grondvlak staan, indien de lijn, welke de middelpunten der gegeven cirkels vereénigt, en die men de *as* van den rol noemt, regthoekig op die cirkels staat: zoo niet, staat de *cylinder*, of rol, scheef op het grondvlak, zoo als  $CHD\ bga$ .

EUCL. XI. def. 21, 22, 23. — St. X. B p. 1. — L. G. VIII. Bep. 1.

I. AANMERKING. Men kan dus den regten *cylinder* ook begripen als geboren te zijn door de omwenteling van een' regthoek  $GEFH$ , om eene zijner zijden  $EF$ , als op eene spil, of *as*: dan zal de andere opstaande zijde  $GH$  den omtrek van den *cylinder*, en de twee overige  $HF$ ,  $GE$  zullen de cirkels beschrijven. Deze is de Bepaling door EUCLIDES gegeven, waarin LE GENDRE hem gevolgd heeft: doch dezelve sluit de scheve *cylinders* uit.

II. AANMERKING. Anderen beschouwen den *cylinder* als geboren uit de evenwijdige beweging van eenen cirkel langs eene gegeven lijn: bijv. van den cirkel  $CHD$  langs de lijn  $CA$  of langs de lijn  $Ca$ .

In dien zin zoude men den *cylinder* kunnen beschouwen als bestaande uit een aantal cirkels, gelijk aan het grondvlak, of den grondcirkel, en op het zelve opgehoopt.

#### I. GEVOLG.

Indien men den *cylinder* door vlakken  $[LMNO]$  snijdt welke evenwijdig aan het grondvlak zijn, zullen die sneden cirkels zijn. Indien de snede  $[GIKH]$  door de middelpunten  $[E$  en  $F]$  van de grondvlakken gaat, of  $[gelijk APQC]$  evenwijdig is aan een vlak dat door die punten gaat, is zij een parallelogram; en wel een regthoek voor den regten *cylinder*.

Die parallelogrammen hebben alle de zelfde hoogte, t. w. die van den *cylinder*, en staan dus tot elkander als hunne grondlijnen  $[CQ. HK]$ , dat is, als de choorden der bogen  $[CQ$  en  $HCQK]$  welke zij van de grondvlakken afnijden.

III. AANMERKING. De schuinsche sneden van den *cylinder* behooren niet tot de grondbeginsels der Meetkunde, wanneer men deze wetenschap in den striktsten zin volgens de gewoonte der Ouden, neemt: zij doen, op den bollen omtrek van



van den *cylinder*, eene kromme lijn ontstaan die men *Ellips* noemt, en tot de *kegelsneden* behoort.

## II. GEVOLG. Fig. 240.

Indien  $FBDL$  een cirkel is evenwijdig aan het grondvlak van den *cylinder*, zal de raaklijn  $GE$  die dezen cirkel in  $L$  raakt, ook eene raaklijn van den *cylinder* in dat zelfde stip zijn: en indien men op de oppervlakte [Fig. 237.] de lijn  $AC$  evenwijdig met den as  $EF$  trekt, zal die lijn geheel in de oppervlakte van den *cylinder* liggen.

## III. GEVOLG. Fig. 237.

Indien een vlak den *cylinder* zoodanig raakt, dat eenige lijn  $AC$  van het zelve evenwijdig zij met de as van den *cylinder*, en geheel op de oppervlakte van dezen ligge, (II. Gev.) en dat alle de lijnen, die in het vlak op de lijn  $AC$  loodrecht getrokken worden, tevens raaklijnen zijn van cirkels in den *cylinder*, die evenwijdig en gelijk zijn aan deszelfs grondvlak; zal dat vlak den *cylinder* in die lijn alleen raken, en nimmer snijden.

## II. BEPALING.

Gelijkvormige *cylinders* zijn die, waarvan de asen in de zelfde rede staan als de middellijnen der grondvlakken, en gelijke hoeken met die grondvlakken maken.

EUCL. XI. def. 24. — L. G. VIII. def. 4.

AANMERKING. Deze Bepaling is een gevolg van de zesde Bepaling van ons XI. Boek. Om ze op den zelfden leest te schoeffen zoude men moeten zeggen: „gelijkvormige *cylinders* zijn die welke gelijkvormige grondvlakken en gelijkvormige *cylindrische* oppervlakten hebben” Maar de grondvlakken zijn cirkels; deze nu zijn altijd gelijkvormig, en hunne omtrekken staan in de zelfde rede als hunne middellijnen (VII. 10 en Gev. 1); en wij zullen in het IV. Voorstel van dit Boek bewijzen, dat de *cylindrische* oppervlakten altijd tot elkander staan als de regthoeken, waarvan de grondlijnen de omtrek van den cirkel, en de hoogten zoo als de asen zijn: waaruit dan de gelijkvormigheid van verschillende *cylinders*, tot die van de gemelde regthoeken gebragt wordt: en dus tot de gelijkheid der rede van den as tot de middellijn des cirkels: waaruit deze verkorte bepaling haren oorsprong ontleent.

Indien de *cylinders* regt, en tevens gelijkvormig zijn, zijn de regthoeken waar door zij gevormd worden, gelijkvormig.

St. X. Bep. 6.

### III. BEPALING.

Indien men eenen veelhoek beschrijft in den cirkel, grondvlak van den regten *cylinder*; en men rigt op de zijden van dien veelhoek een regthoekig *prisma*, wiens hoogte die van den *cylinder* is, en welke gevolgelijk tot aan den cirkel, bovenste oppervlakte van den *cylinder*, komt: wordt het *prisma* gezegd in den *cylinder*, en de *cylinder* om het *prisma* beschreven te zijn.

L. G. VIII. Bep. 6.

#### I. GEVOLG.

De ribben van het *prisma* raken de oppervlakte van den *cylinder*; of liever, liggen in de lengte van dezelve: en de grondvlakken van het *prisma*, zijn in het vlak van de grondvlakken des *cylinders*.

#### II. GEVOLG.

Indien de veelhoek een *regthoek* is, is het ingeschreven *prisma* een *parallelepipedum*.

### IV. BEPALING.

Indien men eenen veelhoek beschrijft om den cirkel, grondvlak van een' regten *cylinder*, en rigt op de zijden van dien veelhoek een regthoekig *prisma*, wiens hoogte die van den *cylinder* is, en welke gevolgelijk tot aan den cirkel, bovenste grondvlak van den *cylinder*, komt: wordt het *prisma* gezegd om den *cylinder*, en de *cylinder* in het *prisma* beschreven te zijn.

L. G. VIII. Bep. 5.

#### I. GEVOLG.

De vlakken van het *prisma* raken dus de bolle oppervlakte van den *cylinder*: en de grondvlakken van het *prisma* liggen in het zelfde vlak als die des *cylinders*.

#### II. GEVOLG.

Indien de veelhoek een *regthoek*, d. i., in' dit geval, een

518 XII. *Bem.*: Over de Hgch. fig. met kromme oppervl.

een viertant  $k$ , is het beschreven *prisma* een *parallelepipedum*, wier grondvlakken vierkanten zijn.

### I. VOORSTEL. Fig. 237.

De *cylinder* is de limiet van alle de *prismas* die om *en in den cylinder* beschreven kunnen worden.

*noet.* Selecta ex ARCHIMEDE, pr. 8, 10.

*bewijs.* Uit de III. en IV. Bep. en VII. 13.

### GEVOLG.

Hieruit blijkt, hoe men te verstaan hebbe wat velen zeggen, dat de *cylinder* een *prisma* is van een *oneindig* getal zijden: welke uitdrukking geheel van de mathematische nauwkeurigheid afwijkt.

### II. VOORSTEL.

De *cylinders* staan tot elkander in de *samengestelde rede* hunner grondvlakken en hoogten.

*bewijs.* Uit het I. Voorstel, VII. 5, 7. en XI. 16.

### I. GEVOLG

Dus staan *cylinders* tot elkander in de *samengestelde rede* uit de enkele rede der hoogten, en de verdubbelde rede der middellijnen van de grondvlakken.

### II. GEVOLG.

Dus zijn *cylinders*, wier grondvlakken en hoogten gelijk zijn, gelijk: en die, wier hoogten gelijk zijn, staan in de zelfde rede als hunne grondvlakken.

EUCL. XII. 11.

### III. GEVOLG.

Dus staan *cylinders*, wier grondvlakken gelijk zijn, in de zelfde rede als derzelve hoogten: en gevolgelyk, zoo men eenen *cylinder* door vlakken, die evenwijdig aan de grondvlakken zijn, snijdt; zullen de deelen de zelfde rede tot elkander hebben, als de deelen die zij van de *as* afsnijden.

EUCL. XII. 13.

IV.

IV. GEVOLG.

Indien twee *cylinders* gelijkhaltig zijn, zijn hunne grondvlakken in omgekeerde rede hunner hoogten: en omgekeerd.

EUCL. XII. 15.

V. GEVOLG.

Hieruit, en uit XI. 12. het 4. Gev. blijkt, hoe men deze uitdrukking te verstaan hebbe, dat de *cylinder* gelijk is aan het grondvlak door de hoogte vermenigvuldigd. Dat is: zij I de inhoud van den *cylinder*, H de hoogte, M de middellijn van het grondvlak,  $\pi$ : 1 de rede van den omtrek van den cirkel tot de middellijn, zoo wordt de inhoud van den *cylinder* uitgedrukt door,  $\frac{\pi \times M^2 \times H}{4}$

VII. 14. Gev. 1.

St. X. 1. exempel 4. — L. G. VIII. 1.

VI. GEVOLG.

Indien de hoogte des *cylinders* gelijk is aan de middellijn des grondvlak, wordt de inhoud uitgedrukt door  $\frac{\pi \cdot M^3}{4}$ .

III. VOORSTEL.

Een *cylinder* staat tot het omschreven *parallelepipedum*, als de inhoud van den cirkel tot het vierkant op de middellijn: of, als het vierde gedeelte van den omtrek tot de middellijn.

BEWIJS. Uit het I. Voorstel, XI. 16. en VII. 14. Gev. 2.

GEVOLG.

En dus, volgens de rede door ARCHIMEDES bepaald, als 11: 14. (VII. 27.).

IV. VOORSTEL.

De *cylindrische* oppervlakte eens regten *cylinders* is gelijkhaltig aan eenen regthoek, waarvan de hoogte de as is

is van den *cylinder*, en de grondlijn de omtrek van het grondvlak des *cylinders*: of, wat op het zelfde uitkomt; die oppervlakte is gelijkhaltig met den inhoud van een' cirkel, wiens *radius* middelevenredig is tusfchen de *as* van den *cylinder*, en de middellijn van het grondvlak.

TACQUET *Selecta ex ARCHIMEDE* pr. 10. Cor. 1. en Cor. 5. en pr. 11, en Cor. 1. pr. 11. — L. G. VII. pr. 4.

BEWIJS. Uit het I. Voorstel en XI. 18. en VII. 14. Gev. 2.

I. AANMERKING. Op dit Voorstel steunt de Bepaling van gelijkvormige *cylinders*. Voor den regten *cylinder* is de *as* ook de hoogte, en men kan die woorden onderling verwisfelen.

II. AANMERKING. En dus hebben alle de gevallen, in welke regthoeken onderling gelijkhaltig zijn, of in eene bepaalde rede staan, (Zie IV. 8. Gev. 4, 5.) ook plaats voor de oppervlakten van *cylinders*.

TACQUET pr. 10. Cor. 2. en pr. 11. Cor. 2, 3. &c.

#### I. GEVOLG.

De *cylindrische* oppervlakte van een' regten *cylinder* staat tot het grondvlak, als de *as* van den *cylinder* tot het vierde gedeelte der middellijn van het grondvlak.

TACQUET I. c. pr. 10. Cor. 3 en pr. 12.

#### II. GEVOLG.

Indien de hoogte van den regten *cylinder* gelijk is aan de middellijn van het grondvlak, is de *cylindrische* oppervlakte van den *cylinder* het viervoud van die des grondvlak.

TACQUET pr. 12. Cor.

#### III. GEVOLG.

Zij dan C de *cylindrische* oppervlakte, G het grondvlak: dan is de *geheele* oppervlakte ( $C + 2 G$ ) in dit geval gelijkhaltig aan  $4 G + 2 G = 6 G$ ; dat is: de oppervlakte van eenen regten *cylinder*, wiens hoogte gelijk is aan de middellijn van het grondvlak, is het zesvoud van dit grondvlak.

#### V. VÓORSTEL.

Gelijkvormige *cylinders* staan in de driedubbelde rede van de middellijnen hunner grondvlakken.

EUCL. XII. 12. — ST. X. 12

BEWIJS. I. Voorstel en XI. 12.

VI. VOORSTEL.

Indien de *cylindrische* oppervlakten van twee rechte *cylin-*  
*ders* gelijkhartig zijn, staan de *cylanders* tot elkander in de  
zelfde rede als de middellijnen hunner grondvlakken, of in  
omgekeerde rede der hoogten: en indien de *cylanders* gelijk-  
hartig zijn, staan hunne *cylindrische* oppervlakten in omge-  
keerde rede van de middellijnen der grondvlakken, of in *on-*  
*derverdubbelde* rede van de hoogte.

TACQUET pr. 10. Schol. 2.

BEWIJS. I. Zij de rede van den omtrek des cirkels tot de  
middellijn als  $\pi : 1$ . laten  $H$  en  $h$  de hoogten van de  
*cylanders*,  $I$  en  $i$  hunne inhouden,  $S$  en  $s$  de oppervlak-  
ten,  $M$  en  $m$  de middellijnen der grondvlakken verbeelden,  
dan is de *cylindrische* oppervlakte van den eenen tot die  
van den anderen  $= H \times \pi . M : h \times \pi . m$ : en dus, in  
dit geval  $H \times \pi . M = h \times \pi . m$ : dus  $H : h = m : M$   
 $\pi . M = m : M$ .

Maar  $I : i = H \times M \times M : h \times m \times m$ , (II. Voorst. Gev. 1.)  
 $= m . M . M : M . m . m$   
 $= M : m$ .  
 $= h : H$ .

II. Uit de onderstelling is  $I = i$ : dus  $M^2 . H = m^2 . h$ : en  
 $M : m = \sqrt{h} : \sqrt{H}$ ; waaruit volgt  $S : s = M . H : m . h =$   
 $M^2 . H . m : m^2 . h . M = m : M = \sqrt{H} : \sqrt{h}$ .

I. GEVOLG.

Indien men dan uit een blad, dat een regthoekig paralle-  
logram is, een *cylindrisch* vat moet maken; zal de inhoud  
grooter zijn indien men de kleinste zijde, dan indien men  
de grootste zijde voor hoogte neemt; het geen in de praktijk  
van belang is.

II. GEVOLG.

Hieruit ziet men hoe veel de oppervlakte van een' draad  
vermeerderd wordt, met denzelfen te rekken; en dus, indien  
het een vergulde draad is, hoe veel de dunheid van het  
goud (welks dikte in omgekeerde rede is van de oppervlak-  
te) daar door vermeerdert.

~~—————~~

M m

II.

## II. A F D E E L I N G.

### OVER DEN KEGEL.

#### V. BEPALING. Fig. 233.

Indien een stip  $[V]$  boven het vlak van een' cirkel  $[ADB]$  verheven is, en eene lijn  $[VA]$  zich uit dat onbewegelijk stip  $[V]$  als uit een middelpunt, om den omtrek van den gegeven cirkel  $[ADB]$  beweegt; wordt de figuur, welke door die beweging gevormd, en door den gegeven cirkel, als grondvlak, besloten wordt, een *Kegel* of *Conus* genoemd; de kromme oppervlakte, door die beweging geboren, is de *kegelachtige* oppervlakte; het gegeven stip de *kruin* of *top*: de gegeven cirkel het *grondvlak*. De lijn, welke het gegeven stip en het middelpunt van den gegeven cirkel vereenigt, is de *as* van den kegel. De lijn, door wier beweging de kegel gevormd wordt, is de *zijde* van den kegel. Indien de *as* regthoekig op het grondvlak staat, is de kegel *regt*: zoo niet, *schuinsch*, zoo als  $BDA\gamma$ .

EUCL. XI. Bep. 18, 19, 20. — St. X. d. 2. — L. G. VIII. Bep. 2.

I. AANMERKING. Anderen (gelijk EUCLIDES, en na hem LE GENDRE, enz.) beschouwen den kegel als geboren door de omwenteling van eenen regthoekigen driehoek  $VCA$  om eene der regthoekszijden, als om eene *as*: de schuinsche zijde beschrijft dan de kegelachtige oppervlakte; de andere regthoeks-zijde de *basis*, of het grondvlak: doch dan is de scheve kegel onder de bepaling niet begrepen.

#### I. GEVOLG.

De *zijde* van den kegel heeft eene bestendige grootte in rechte kegels: doch is voor ieder stip van den omtrek verschillend in schuinsche kegels.

II. AANMERKING. In de schuinsche kegels, staan de *grootste* en de *kleinste* zijde, vlak over elkander in het vlak dat door het middelpunt des grondcirkels gaat: en indien men zijden trekt, die wederzijds van dat vlak gelijke bogen van den grondcirkel afsnijden, zijn die zijden onderling gelijk.

II. GEVOLG.

Indien men een vlak laat gaan door den top V en het middelpunt van het grondvlak, en dus langs den as VC, is de snede een driehoek AVB, welke gelijkbeenig is, en regthoekig op het grondvlak staat, zoo de kegel regt is. Naar mate de tophoek AVB van dien driehoek regt, stomp, of scherp is, wordt de kegel *regthoekig*, *stomphoekig* of *scherphoekig* genoemd.

III. GEVOLG.

Indien men den kegel evenwijdig aan het grondvlak snijdt, zijn de sneden cirkels, waarvan de omtrekken, zoo als ook de middellijnen, tot elkander staan, als hunne afstanden van den top; en de inhouden in verdubbelde rede van die afstanden (VII. 10)

III. AANMERKING. De schuinsche sneden van den Kegel behooren niet tot de grondbeginselen der Meetkunde, wanneer men die wetenschap in eenen strikten zin, volgens de gewoonte der Ouden, neemt.

IV. AANMERKING. Die schuinsche sneden leveren de zoogenaamde *kegelsneden* op, welke drie in getal zijn. Want de snede is of evenwijdig aan de zijde des kegels, en gaat door het grondvlak, en dan komt die kromme lijn voort welke men *parabel* noemt: of zij is zoodanig dat zij de bolle oppervlakte des kegels wederzijds snijdt, en de *Ellips* voortbrengt: of zij is schuins, en gaat door het grondvlak, en levert de *Hyperbel*. De eerste en de laatste snede zijn den kegel alleen eigen: de kegel heeft de tweede gemeen met den *rol* of *cylinder*: immers men kan den rol beschouwen als eenen kegel wiens top oneindig ver af is van het grondvlak. De schuinsche snede van den rol is ook eene *Ellips*.

VI. BEPALING.

Indien men in den cirkel, grondvlak van den kegel, eenen veelhoek beschrijft, en op deszelfs zijden driehoeken of vlakken oprigt, waarvan alle de toppen zich in den top des kegels vereenigen: zal de *pyramide* daaruit ontstaande gezegd worden in den kegel, en de kegel om die *pyramide* beschreven te zijn.



GEVOLG.

De ribben van de *pyramide* raken den hollen omtrek des kegels en liggen in denzelven.

VII. BEPALING.

Indien men om den cirkel, grondvlak des kegels, eenen veelhoek beschrijft, en om deszelfs zijden driehoekige vlakken oprigt, waarvan alle de toppen zich in den top des kegels vereénigen: zal de *pyramide*, op die wijze gevormd, gezegd worden om den kegel, en de kegel in de *pyramide* beschreven te zijn.

GEVOLG.

De vlakken van de *pyramide* raken de bolle oppervlakte des kegels.

VIII. BEPALING.

Een kegel wordt gezegd in eenen *cylinder*, en een *cylinder* wordt gezegd om den kegel beschreven te zijn, als het grondvlak des kegels gelijk is aan dat des *cylinders*, en op hetzelfde geplaatst zijnde, de kegel geheel binnen den *cylinder* valt, en met zijnen top het bovenste grondvlak des *cylinders* raakt.

GEVOLG.

Indien de *cylinder* en de kegel, beiden, regt zijn, valt de top in het middelpunt des bovensten grondvlak.

IX. BEPALING.

Kegels zijn gelijkvormig, als de rede van de as tot de middellijn des grondvlak, in alle de zelfde is.

St. X. def. 7. — L. G. VIII. Bep. 4.

AANMERKING. Zie de Aanmerking op de tweede Bepaling. Zij is even op de kegels als op de *cylinders* toepasselijk.

X. BEPALING. Fig. 233.

Men noemt *geknotten kegel* eenen kegel waarvan het bovenste gedeelte is afgenomen. Die figuur bestaat derhalve uit twee ongelijke en evenwijdige circulaire vlakken, door eene bolle kegelachtige oppervlakte vereénigd. Het ligchaam E F G B D A E is een *geknotte kegel*.

L. G. VIII. Bep. 3.

VII. VOORSTEL. Fig. 233.

Een kegel is de limiet van alle *pyramiden* die de zelfde hoogte hebben als de kegel, en wier grondvlak een veelhoek is in, of om den cirkel, grondvlak van den kegel, beschreven.

TACQUET *Selecta ex* ARCHIMEDE, pr. 9, 10.

BEWIJS. Uit de VI. en VII. Bep. en uit VII. 13.

GEVOLG.

Hieruit blijkt hoe men het gezegde van velen te verstaan hebbe, dat de kegel eene *pyramide* is van een *oneindig* getal *oneindig kleine* zijden: welke uitdrukking geheel te verwerpen is.

VIII. VOORSTEL.

De inhoud eens kegels is het derde gedeelte van den inhoud eens *cylinders* om dien kegel beschreven.

EUCL. XII. 10. — St. X. 18. — L. G. VIII. 5 Cor.

BEWIJS. Uit het VII. en I. Voorstel; VII. 5. en XI. 26.

I. GEVOLG.

Hieruit blijkt hoe men het gezegde van velen te verstaan hebbe, dat de inhoud eens kegels gelijk is aan het grondvlak door het derde gedeelte van de hoogte vermenigvuldigd.

St. X. 18. Gev. 1. — L. G. VIII. 5.

II. GEVOLG.

De inhoud van eenen kegel kan uitgedrukt worden door  $\frac{\pi \times r^2 \cdot H}{3}$ , zoo H de hoogte des kegels is.

III. GEVOLG.

De inhoud eens kegels staat tot dien van een *parallelepipedum* om den kegel beschreven, als het derde gedeelte van den inhoud des cirkels tot het vierkant op de middellijn: of als een twaalfde gedeelte van den omtrek tot de middellijn. (III. Voorst.)

IX. VOORSTEL.

Verschillende kegels staan tot elkander in samengestelde rede hunner grondvlakken en hoogten.

St. X. 19.

526 *XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.*

BEWIJS. Uit het VIII. Voorst. Gev. 2.

I. GEVOLG.

*Kegels die de zelfde hoogte hebben zijn als hunne grondvlakken, of in verdubbelde rede van de middellijnen dier grondvlakken; kegels die gelijke grondvlakken hebben zijn als hunne hoogten; en kegels, welke op gelijke grondvlakken en tuschen de zelfde evenwijdige vlakken staan, zijn gelijkhaltig.*

EUCL. XII. 11, 14. — St. X. 19. Gev. 1, 2, 3. — L. G. VIII. 3. Cor.

BEWIJS. Uit II, VIII. en uit de V. Bep. van dit Boek.

II. GEVOLG.

*Indien twee kegels gelijkhaltig zijn, staan derzelver grondvlakken in omgekeerde rede hunner hoogten; en omgekeerd.*

EUCL. XII. 15. — St. X. 19. Gev. 4, 5.

III. GEVOLG.

*De inhouden van gelijkvormige kegels staan tot elkander in driedubbelde rede van de middellijnen hunner grondvlakken.*

EUCL. XII. 19. — St. X. 20. — L. G. VIII. 5. Cor. 3.

X. VOORSTEL.

*De kegelachtige oppervlakte van een' regten kegel wordt uitgedrukt door eenen driehoek, waarvan de grondlijn de omtrek is van het grondvlak, en de hoogte de zijde van den kegel: of, wat op het zelfde uitkomt, die oppervlakte is gelijkhaltig met eenen cirkel wiens *radius* middelredig is tuschen den *radius* van het grondvlak, en de zijde van den kegel.*

TACQUET I. c. pr. 10. Cor. 6. Cor. 10. en pr. 13. en Cor. pr. 13. — L. G. VIII. 7.

BEWIJS. Uit het VII. Voorst. XI. 27. en VII. 13. Gev. 2.

I, AANMERKING. Alle de gevallen in welke de inhouden van verschillende driehoeken gelijk zijn, of in een bepaalde rede staan (zie IV. 8. Gev. 3, 4.) hebben ook plaats voor de oppervlakten van kegels.

TACQUET pr. 10. Cor. 7. en pr. 13. Cor. 2, 3, enz.

I. GEVOLG.

Hierop steunt de bepaling van gelijkvormige kegels.

II. GEVOLG.

De kegelachtige oppervlakte des kegels wordt derhalve uitgedrukt door  $\pi \times r \times Z$ : indien  $r$  de *radius* des grondvlak en  $Z$  de zijde des kegels is.

III. GEVOLG.

De kegelachtige oppervlakte van den regten kegel staat tot zijn grondvlak, als de zijde van den kegel tot den *radius* van het grondvlak.

TACQUET I. c. pr. 10. Cor. 8. en pr. 14.

IV. GEVOLG.

En dus, zoo de snede van den kegel die door den top gaat een gelijkzijdige driehoek is, dat is, zoo de zijde van den kegel gelijk is aan de middellijn van het grondvlak, is de kegelachtige oppervlakte van den kegel het dubbeld, en dus de *gehele* oppervlakte het drievoud van het grondvlak.

TACQUET pr. 10. Cor. 9.

V. GEVOLG.

De kegelachtige oppervlakte eens regten kegels staat tot de *cylindrische* oppervlakte eens regten *cylinders* die de zelfde hoogte en het zelfde grondvlak heeft, als de halve zijde van den kegel tot de hoogte van den *cylinder*. (IV. Voorst. Gev. 1.)

TACQUET 10. Cor. 9 en 14. Cor. 3.

VI. GEVOLG.

Dus is ook de kegelachtige oppervlakte eens regten kegels gelijk aan eenen cirkel-*sector*, wiens boog aan den omtrek van het grondvlak, en wiens *radius* aan de zijde van den kegel gelijk is. De zijde nu van den kegel staat tot den *radius* van het grondvlak, als  $360^\circ$  tot den gemelden boog.

II. AANMERKING. Hieruit beschrijft men gemakkelijk eenen *Sector*, die, door omrolling van het papier, een kegel van eene gegeven hoogte en grondvlak wordt.

Want, zij (fig. 232.)  $PQ$  de middellijn van den cirkel  $X$ , die het grondvlak van den kegel zijn zal: zij  $AC$ , of  $Z$ , de  
M m 4
zij-

zijde van den kegel: zij 2 AC, of de middellijn, tot PQ, als 360°, of de omtrek, tot den boog DE, dat is tot den hoek DCE: maak dan op CA, uit C,  $\angle DCA = \angle ACE = \frac{1}{2}$  gevonden hoek: dan is de driehoek DCE de oppervlakte van den kegel; de boog DAE gelijk aan den omtrek van het grondvlak X; en dus, indien men DAE om den cirkel X rolt, zal men den gevraagden kegel verkrijgen.

Immers, zij de middellijn des cirkels X kortsheidshalve uitgedrukt door D: de kegelachtige oppervlakte is  $\propto \frac{\pi \cdot D \cdot Z}{2}$  en

sector  $\propto \frac{B r}{2}$  (VII. 15.) of hier  $\propto \frac{B \times Z}{2}$ : derhalve

kegelachtige oppervlakte tot sector =  $\frac{\pi \cdot D \cdot Z}{2} : \frac{B \cdot Z}{2}$

=  $\pi D : B$ . Maar hier is  $1 : \pi$  (of 360°) =  $D : B$ ; en dus  $B = \pi D$ : derhalve ook kegelachtige oppervlakte gelijk aan den sector ECD.

#### XI. VOORSTEL. Fig. 231.

De oppervlakte van eenen geknotten regten kegel is gelijk aan den inhoud van een regthoekig *trapezium* waarvan de hoogte de zijde van den geknotten kegel is, en de onderste en bovenste zijden de omtrekken zijn van den onderste en bovensten cirkel des geknotten kegels: of, 2° wat op het zelfde uitkomt, die oppervlakte is gelijk aan den inhoud van een' regthoek, wiens hoogte de gemelde zijde is, en wiens grondlijn middel *arithmetisch evenredig* is tusschen de omtrekken der beiden cirkels van den kegel: of eindelijk, 3° wat nog op het zelfde uitkomt, die oppervlakte is gelijkmatig met den inhoud van een' cirkel, wiens *radius* geometrisch middelevenredig is tusschen de zijde des kegels, en de som der *radii* van de beide cirkels,

YACQUET l. c. pr. 15. — L. G. VIII. 8.

BEWIJS. Uit het X. Voorstel en IV. 9. Gev. 8.

AANMERKING. Indien X de cirkel is die de bovenste oppervlakte van een' geknotten kegel uitmaakt: en men stelt, (Fig. 232.) middellijn van X tot middellijn van Y = AC: CF; zal boog GH gelijk aan den omtrek van den cirkel Y zijn: en dus zal GDEH de oppervlakte zijn van den geknotten kegel, en het vlak, dat door omrolling op de beide cirkels, den geknotten kegel uitmaakt,

GEVOLG.

De tweede uitdrukking in het Voorstel kan ook aldus veranderd worden: De kegelachtige oppervlakte eens geknotten kegel, is gelijkmatig met den inhoud eens regthoeks, wiens hoogte is de gemelde zijde, en wiens grondlijn is de omtrek eens cirkels, door het midden van den afstand tusfchen de twee grondvlakken gerogen.

L. G. VIII. 3. Cor.

BEWIJS. Immers zoo  $AI = IF$  is  $IL = \frac{FG + AE}{2}$ .

XII. VOORSTEL. Fig. 233.

De inhoud van eenen geknotten regten kegel (A E G B) is gelijk aan het derde gedeelte der fom van drie *cylinders*, wier gemeene hoogte [F C] is de hoogte van den geknotten kegel, en wier grondvlakken zijn, het onderste grondvlak van den gegeven geknotten kegel, het bovenste grondvlak deszelfs, en een grondvlak wiens *radius* middel-evenredig is tusfchen de *radii* der twee gemelde grondvlakken.

L. G. VIII. 6.

BEWIJS. Geknotte kegel  $\propto$  kegel A V B = kegel E V G.

Zij A C = R, E F = r, F C = H: is

Gekn. kegel  $\propto \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \times V C = \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \times V F \propto \frac{1}{3} \pi (R^2 \cdot V C - r^2 \cdot V F)$

maar V C; V F = R: r: derhalve 1<sup>o</sup> R . V F = r . V C.

2<sup>o</sup>. V C - V F: V C = R - r: R: of

$$F C: V C = R - r: R;$$

en dus  $V C = \frac{F C \times R}{R - r}$ ; waarnit volgt

$$\text{gekn. kegel} \propto \frac{1}{3} \pi \times \left( \frac{R^3 F C}{R - r} - r^2 \cdot V F \right) \propto$$

$$\frac{1}{3} \pi \times \left( \frac{R^3 \cdot F C - r^2 \cdot R \cdot V F + r^3 V F}{R - r} \right) \propto (\text{uit 1<sup>o</sup>})$$

$$\frac{1}{3} \pi \times \left( \frac{R^3 \cdot F C - r^3 \cdot V C + r^3 \cdot V F}{R - r} \right) \propto$$

$$\frac{1}{3} \pi \times \left( \frac{R^3 \cdot F C - r^3 \cdot (V C - F V)}{R - r} \right) \propto$$

$$\frac{1}{3} \pi \times \left( \frac{R^3 \cdot F C - r^3 \cdot F C}{R - r} \right) \propto \frac{1}{3} \pi \frac{F C (R^3 - r^3)}{R - r} \propto$$

$$\frac{1}{3} \pi H \left( \frac{R^3 - r^3}{R - r} \right) \propto \frac{1}{3} \pi H \cdot (R^2 + r^2 + R r)$$

zij R: r = r: r; is R r = r<sup>2</sup>: derhalve

geknotte kegel  $\propto \frac{1}{3} \pi \cdot H (R^2 + r^2 + r^2)$ : het geen den regel in den tekst opgeeft.

AANMERKING. Deze regel is reeds door CLAVIUS gegeven in zijne *Geom. Practica*; V. Cap. 3.

### III. A F D E E L I N G.

#### OVER DEN KLOOT, OF BOL.

##### XI. B E P A L I N G.

Indien een halve cirkel om zijne middellijn, als om eene spil wentelt, zal hij door die beweging een ligchaam vormen dat *kloot*, of *bol*, of *sphaer*, genoemd wordt. De middellijn van den cirkel is de *as*, het middelpunt is het *middelpunt* van den kloot; en de beide uiteinden der *as* worden *polen* van den kloot genoemd.

EUCL. XI. Bep. 14, 15, 16, 17. — St. X, Bep. 8.

##### GEVOLG.

De lijnen die men uit het middelpunt van den kloot trekt naar alle de stippen van deszelfs omtrek, zijn gelijk.

AANMERKING. Deze is de reden waarom sommigen den kloot een ligchaam noemen, zoodanig gesteld, dat alle de lijnen uit zeker punt naar deszelfs oppervlakte getrokken onderling gelijk zijn.

TACQUET OP EUCL. XII. def. 5. — L. G. VII, def. 1.

##### XIII. V O O R S T E L. Fig. 238.

Op welke wijze men den kloot door eenig vlak snijde, de snede is altijd een cirkel.

L. G. VII. 1.

BEWIJS. Zij DE de snede, of liever de gemeene snede van dat vlak en den cirkel die door het middelpunt van den kloot gaat: dan is DE eene choorde van dien cirkel BGHB: en dus indien men de zelve in F, in twee gelijke deelen snijdt, en door F en het middelpunt C de lijn BFCH trekt, is die lijn BH eene middellijn van den cirkel BGHB: dus zijn BEH en BDH halve cirkels: en gevolglijk indien de halve cirkel BDH om BH wentelde zoude deze den zelfden kloot, en het stip D eenen cirkel beschrijven, waarvan DE de middellijn is: gevolglijk is de snede van het vlak dat den kloot langs ED snijdt een cirkel.

##### I. GEVOLG.

Hoe ook een kloot, door eenen kloot, of door eenen  
cy-

*cylinder*, of door eenen kegel gesneden worde, is de gemeene snede altijd een cirkel.

D. G. Meetk. § 924.

II. GEVOLG.

Door twee stippen op de oppervlakte eens kloots gegeven en door het middelpunt, kan altijd een vlak getrokken worden, dat op de oppervlakte des kloots eenen cirkel zal asperken.

L. G. VII. 1. Cor. 6.

XII. BEPALING.

De sneden, die door het middelpunt des kloots gaan, worden *groote cirkels* des kloots genoemd, en hunne middellijnen zijn middellijnen van den kloot. Indien een derzelve als *As* beschouwd wordt, zal de groote cirkel op wiens vlak die *as* loodregt staat den naam van *Equator*, of *Evenaar* des kloots dragen.

St. K. Bep. 9., 10. — L. G. VII. def. 3.

AANMERKING. Door twee stippen en het middelpunt kan maar één éenige cirkel getrokken worden, ten zij de twee gegeven stippen twee tegenover elkander staande polen des kloots zijn: als dan is het getal onbepaald.

L. G. VII. 1. Cor. 3.

GEVOLG.

Alle groote cirkels zijn gelijk, en snijden zoo wel de oppervlakte als den inhoud des kloots in twee gelijke deelen.

L. G. VII. 1. Cor. 3.

XIII. BEPALING.

De sneden des kloots die niet door het middelpunt gaan, worden *kleine cirkels* des kloots genoemd.

L. G. VII. def. 3.

AANMERKING. Het blijkt dat men de bepaling van *kleine cirkels* niet geven kan, altoorens bewezen zij dat alle de sneden van den kloot cirkels zijn.

GEVOLG.

Het middelpunt eens kleinen cirkels en die van den kloot zijn in eene en de zelfde regte lijn, welke loodregt staat op het vlak des kleinen cirkels.

L. G. VII. 1. Cor. 4.

XIV.



## XIV. VOORSTEL.

De kleine cirkels van den kloot zijn des te kleiner dat zij verder van den *Equator* afstaan: hunne middellijnen en hunne omtrekken staan tot de middellijn en den omtrek eens grooten cirkels, als de *cosinus*en der hoeken, of bogen, die hunne afstanden van den *Equator* bepalen, tot den *radius* des kloots: en hunne oppervlakten staan in de verdubbelde reden dier *cosinus*en.

L. G. VII. 1. Gev. 5.

**BZWIJS.** Fig. 149. Zij EKFGE de snede van den kloot, EF de as, GK de snede van den *Equator*, en IND, MRB, die van twee kleine cirkels: dan zijn de bogen KD en KB derzelver afstanden van den *Equator* en CS, of ND, CR of PB, zijn de *cosinus*en van die afstanden, of van de bogen KD en KB: waaruit het gezegde volgt.

**AANMERKING.** De kennis dezer kleine cirkels en van de rede die derzelver omtrekken tot elkander hebben, naar mate hunner afstanden van den *Equator*, is in de *Geographie* en *Navigatie* van het grootste belang. Indien een graad onder den *Equator* in 15 *Geographische* of *Duitsche*, en in 60 *Engelsche* zee-mijlen verdeeld wordt: zal een graad van eenigen cirkel evenwijdig aan den *Equator*, op eenigen afstand van dezen, of op eenige breedte, geen 15 *Duitsche* of geen 60 *Engelsche* zee-mijlen bevatten: maar minder: en op 60 gr. breedte, maar 7½ *Duitsche* of 30 *Engelsche*, om dat de *cosin* 60' = *sin* 30° = ½ *rad.* Om het getal mijlen die in eenigen graad lengte, d. i. in eenigen graad op den *Equator*, of op eenen cirkel aan den *Equator* evenwijdig, te kennen, is op vele pleinschalen, inzonderheid op de *Engelsche*, eene lijn bestemd, waarvan wij reeds in IX, *Afd* 1: *Geraal* 4, *Aanm.* 3, gesproken hebben. Zij is bekenpeld met de letters *Lon*, verkorting van *Longitude*, of enkel met de letters L. M. verkorting van *Longitude-miles*. Indien men den *radius* eens cirkels in 60 deelen verdeelt, zullen die 60 deelen 60 *Engelsche* mijlen, of ieder ½ *Duitsche* mijl aanduiden, die gesteld worden op den *Equator* éenen graad uitremaken. Indien men dan met het stip K (fig. 149.) te beginnen, daar de 60 staat, achtervolgens afstrok den *sinus-versus* KS, den *sinus-versus* KP, enz. zoude men het getal deelen die CS, of CP uitmaken kennen, dat is, het getal deelen welke op de breedte KD, of KB in een' graad begrepen zijn: maar om dat er op de *pleinschalen* doorgaans geen lijn van *sinus-versus* is, maar wel eene van *choorden*, en de zeelieden meer met deze gewoon zijn om te gaan, zijn de mijlen (van 60 in een' graad) op eene lijn, gelijk aan de choorde van 90 gr. op zoodanige wijze gesteld, dat, indien men successivelijk, te beginnen aan het uiteinde 60, de choorden van 10, 20, 30, enz. gr. met den passer stelt, de tweede punt deszelfs dat getal mijlen aanwijst welke op een breedte van 10, 20, 30, enz. gr. in éenen graad bevat zijn. Bij voorbeeld, de choorde van 30, valt op 51.96, die de *cosinus* is van 30°, wanneer de *radius* door 60 wordt uitgedrukt, en die het getal mijlen aanduidt die op de breedte van 30 gr. in éenen graad lengte begrepen zijn.

XV.

XV. VOORSTEL. Fig. 241.

Wanneer door twee stippen E en I op de oppervlakte eens kloots, een groote en een kleine cirkel gaan, is de boog des grooten cirkels welke tuschen die stippen begrepen is, kleiner dan die des kleinen cirkels welken door de zelfde toppen gaat.

BEWIJS. Immers zij EI de choorde der beide bogen: de radii CE en CI des grooten cirkels, zijn grooter dan de radii KE en KI des kleinen: zij bespannen echter de zelfde choorde EI: de boog des grooten cirkels is derhalve een kleiner gedeelte van zijnen omtrek dan die des kleineren cirkels van den omtrek van dezen is.

GEVOLG.

Op de oppervlakte des kloots, is de kortste weg van een stip tot een ander, de boog des grooten cirkels die door beide stippen gaat.

L. G. VII. 3.

XIV. BEPALING. Fig. 241.

Men noemt *bolvormig segment* [*segment sphérique*] van een' kloot, of bol, het stuk [BPDOBRD] dat begrepen wordt door een gedeelte van de bolvormige oppervlakte des kloots en den cirkel [BRDOB] die het zelfde stuk van den kloot scheidt.

L. G. VII. 13. — D. G. XII. §. 932.

GEVOLG.

Zoodanig bolvormig segment [DPBOBRD] wordt derhalve door den cirkel BRDO bepaald: en deszelfs *hoogte* is de loodlijn SP, uit het middelpunt van dien cirkel tot aan de oppervlakte opgericht.

I. AANMERKING. Die hoogte, of loodlijn, PS is derhalve een stuk van de *as* des kloots: want alle loodlijnen die op cirkelvlakken welke den kloot snijden, uit het middelpunt van die vlakken opgericht worden, gaan klaarblijkelijk door het middelpunt van den kloot, en zijn dus, tot de oppervlakte wederzijds verlengd zijnde, asen derzelven.

II. AANMERKING. De hoogte PS is de *sinus-versus* van den boog PD helfte des boogs BPD welke de bolvormige oppervlakte van dat stuk bepaalt.

XV. BEPALING. Fig. 241.

Men noemt *bolvormige schijf* des kloots dat gedeelte  $BDFE$  deszelfs, dat tusſchen twee aan elkander evenwijdige cirkels  $BRDO$ ,  $EQFT$  begrepen is. Die cirkels zijn dus de twee grondvlakken van de *bolvormige schijf*, en worden door een gedeelte der bolvormige oppervlakte des kloots vereenigd. De klootsche oppervlakte, begrepen tusſchen de twee cirkelvlakken die den ſchijf bepalen, kan den naam van *band*, of *gordel*, of *klootschen band*, of *klootschen gordel* (*zone ſphérique*) dragen.

GEVOLG.

De hoogte van de ſchijf is de lijn  $KS$  die de middelpunten der beide cirkels vereenigt, en derhalve loodrecht op dezelve ſtaat, en een gedeelte der as van den klood is.

AANMERKING. Indien de bolvormige ſchijf  $BDFE$  grooter, en de cirkel  $BRDQ$  die denzelfs bepaalt, kleiner, en eindelijk de hoogte  $KP$  in plaats van  $KS$  wierd: zoude de cirkel  $BRDO$  verdwijnen, en de bolvormige ſchijf zoude een *bolvormig ſegment* worden.

XVI. BEPALING. Fig. 241.

Wanneer de halve cirkel  $PApP$  door deszelfs omwenteling om den as  $Pp$  eenen klood beſchrijft, zal de cirkelſector  $BCP$  eene ligchamelijke figuur  $BCDPB$  beſchrijven, die men *sector* van den klood noemt.

I. GEVOLG.

Het grondvlak van den ſpheriſchen *sector*, zal een ſtuk  $BPD$  van den oppervlakte des kloots zijn.

II. GEVOLG.

Zoo lang de cirkelſector  $BCP$  kleiner is dan het vierde gedeelte van den cirkel, is de ſpheriſche *sector*  $PBCDPB$  een kegel, wiens grondvlak is het gedeelte  $BPD$  der oppervlakte van den klood: en die kegel zal beſtaan 1°. uit den gewoonen kegel  $BCD$ , wiens grondvlak is de kleine cirkel  $BODRB$ : en 2°. uit het ſpheriſche bolvormigſegment  $BPD$ , door dien zelfden cirkel bepaald.

III.

III. GEVOLG.

Wanneer de cirkel-*sector* het vierde gedeelte  $ACB$  van een cirkel is, wordt de spherische *sector* de halve kloot.

IV. GEVOLG.

Wanneer de cirkel-*sector*  $PAbC$  grooter mogt zijn dan het vierde des cirkels, zal de spherische *sector* grooter zijn dan de halve kloot, en een ligchaam voortbrengen dat gelijk zal zijn aan den kloot, *min* de spherische *sector*  $bCd p$  die gemaakt wordt door de omwenteling van den cirkel-*sector*  $bCp$ , supplement van de gegeven cirkel-*sector*  $PAbC$ .

XVII. BEPALING.

Indien een vlak  $UVWX$ , ten opzichte van den bol  $PApa$ , zoodanig gesteld is, dat het met den bol maar één éénig stip  $p$  gemeen heeft, wordt dat vlak gezegd den bol te raken.

GEVOLG.

De as  $Pp$  des kloots staat loodregt op alle de lijnen  $YpZ$  die in het zelve vlak getrokken worden; en die lijnen zijn raaklijnen van den kloot, en van alle de cirkels die door het stip van aanraking gaan.

XVIII. BEPALING.

Een *cubus* wordt gezegd in een' kloot beschreven te zijn, als hij zoodanig in den kloot bevat is, dat zijne acht hoeken op de holle oppervlakte van den kloot rusten: en een *cylinder*, wanneer de twee cirkel-vlakken die den zelve bepalen, de oppervlakte des kloots raken.

I. GEVOLG.

Geen *cylinder* kan in den kloot beschreven worden, ten zij hij regthoekig zij, deszelfs as met de as van den *cylinder* overeenkome, en de onderste en bovenste cirkel-oppervlakten op gelijke afstanden van het middelpunt des kloots staan.

II. GEVOLG.

De omtrekken der beide circulaire oppervlakten van den *cy-*

*cylinder* die in den kloot beschreven is, komen overeen met de twee kleine cirkels deszelfven, die op de zelfde afstanden van het middelpunt staan.

#### XIX BEPALING.

Een *cubus*, of een *cylinder*, wordt gezegd om eenen kloot beschreven te zijn, als de kloot zoodanig in den zelfven bevat is, dat hij alle de vlakken van den *cubus*, en zoo wel de holle oppervlakte als de beide grondvlakken van den *cylinder* raakt.

St. X. Bep. II.

#### GEVOLG.

Hieruit volgt 1°. dat de zijde van den *cubus*, of de middellijn van het grondvlak des *cylinders*, om den kloot beschreven, gelijk is aan de middellijn van den kloot.

2°. Dat de aanraking van den kloot met de oppervlakte van den *cylinder*, of met de zijden van den *cubus*, geschiedt door den *Equator* van den kloot, en op de helft van de hoogte van den *cubus*, of *cylinder*.

3°. Dat de as van den kloot met dien van den *cylinder* overeenkomt.

#### XX. BEPALING.

Een kegel wordt gezegd in den kloot beschreven te zijn, als zijn circulair grondvlak de holle oppervlakte van den kloot raakt, en zijn top, op die oppervlakte rust.

#### I. GEVOLG.

De as des regten kegels, in den kloot beschreven, komt dus in rigting met de as des kloots overeen.

#### II. GEVOLG.

De omtrek van het grondvlak des kegels komt met dien cirkel van den kloot overeen, welke op den zelfden afstand van het middelpunt des kloots staat.

#### XXI. BEPALING.

Een kegel wordt gezegd om eenen kloot beschreven te zijn, als de kloot op het grondvlak van den kegel rust, en de oppervlakte van den kloot door die van den kegel geraakt wordt.

GE.

GEVOLG. Fig. 236.

Die cirkel des kloots welke de oppervlakte eens regten kegels raakt, is een kleine cirkel, en is des te meer van den *Equator* verwijderd dat de kegel stomper is: want  $PO:PC = \cos. \angle OPC:1 = \cos. \angle POI:1 = \cos. \frac{1}{2} \angle GOF:1$ .

XXII. BEPALING.

Eene veelvlakkige ligchamelijke figuur wordt gezegd in den kloon beschreven te zijn, als de toppen van alle deszelfs ligchamelijke hoeken op de holle oppervlakte van den kloon rusten.

XXIII. BEPALING.

Eene veelvlakkige ligchamelijke figuur wordt gezegd om den kloon beschreven te zijn, als de kloon zoodanig binnen dezelve geplaatst is, dat de bolle oppervlakte des kloots alle de vlakken van de ligchamelijke figuur raakt.

XVI. VOORSTEL. Fig. 239.

De kloon is de limiet van alle de veelvlakkige lichamen die in denzelfden beschreven kunnen worden.

BEWIJS. Uit XI. 30. en VII. 13.

GEVOLG.

Hieruit blijkt hoe men te verstaan hebbe het geen velen zeggen, dat de spheer een veelvlakkig ligchaam, of *polyëdram*, is van een *oneindig* getal *oneindig kleine* vlakken; een denkbeeld dat geheel onnaauwkeurig is.

XVII. VOORSTEL. Fig. 144.

De oppervlakte van den kloon is gelijkhaltig met een cirkel wiens *radius* het dubbeld is van den *radius* des grooten cirkels; of  $2^\circ$ , wat op het zelfde uitkomt, zij is het viervouwd van den grooten cirkel des kloots: of eindelijk  $3^\circ$ , wat nog op het zelfde uitkomt, zij is gelijkhaltig aan den regthoek uit de middellijn en den omtrek eens grooten cirkels.

TACQUET, *Selecta ex ARCHIMEDE*, pf. 18—24. — L. G. VIII. 10. Cor. 1.

BEREIDING. Men onderstelle dat er in den grooten cirkel een regelmatige veelhoek van een even getal zijden beschreven is, doch welk getal door vier deelbaar is. Zij

Nn

AB

**AB C D E F G H** een dergelijke veelhoek, **E A** de *as* van den *kloot*: men trekke de lijnen zoo als in de figuur, en men stelle dat nu de *kloot* door de omwenteling van den halven cirkel **A B C D E** op de *as* **A E** gevormd wordt: dan beschrijft die omtrek van den halven veelhoek een ligchaam, bestaande uit twee gelijke kegels **A B H** en **F E D** en verschillende geknotte kegels **B C G H** en **C D F G**, doch die wederzijds van den *Equator* **C G** altijd, ieder in hunnen rang, gelijk zijn, zoo dat er altijd twee gelijke gevonden worden.

**Bewijs.** Men neemt (door Voorst. X. en XI.) de oppervlakten van die kegels en geknotte kegels **A B H**, **H B C G** enz. en derzelver som: welke men tot eene eenvoudige waardij herleid: namelijk  $\pi \times A E \times B E$  door VI. 15; de oppervlakte des *kloots* is dus de limiet van die som: en men stelt dan, voor de lijn **B-E** die in dezelve voorkomt, hare *limiet*, namelijk de middellijn **A E**; waaruit het gestelde volgt door VII. 14.

**I. AANMERKING.** Men neemt een getal zijden voor den veelhoek, dat door vier deelbaar is, op dat het even zoude zijn in den halven cirkel: en op dat er derhalve geen zijde evenwijdig aan den diameter zoude zijn, waar door een *cylinder* geboren zoude worden.

**II. AANMERKING.** De derde uitdrukking in het Voorstel vermeld doet zien hoe **LE GENDRE** dezelve aldus heeft kunnen opgeven: „de oppervlakte van den *kloot* is gelijk aan zijnen „diameter door den omtrek eens grooten cirkels vermenig- „vuldigd.”

### XVIII. VOORSTEL. Fig. 144.

De ronde oppervlakte van een stuk **[A C D F G H A]** van een' *kloot*, dat is van een *spherisch-segment* deszelven (Bep. XIV.) is gelijkhaltig aan den inhoud van een' cirkel, wiens *radius* middelevenredig is tusschen de middellijn **[A E]** van den *kloot*, en de hoogte **[A O]** van het *segment*: of, wat op het zelfde uitkomt, wiens *radius* eene lijn **[A D]** is, getrokken uit het stip **A** van dat stuk, pool van den cirkel die het grondvlak van het stuk is, naar den omtrek van dezen cirkel.

TACQUET, *Selecta ex ARCHIMEDE*, pr. 25.

**Bewijs.** Uit het XVII. Voorstel en VI. 16. wordt gemakkelijk bewezen, dat de oppervlakte van het ligchaam **F G H A B C D F** gelijk is aan  $\pi \times B E \times A O$ : maar de  
op-

oppervlakte des kloots is de *limiet* van die des ligchaams  $F G H A B C D F$ , en dus is zij  $= \pi \times A O \times \text{limiet van } B E$ : welke is  $A E$ : derhalve is die oppervlakte  $= \pi \times A E \times A O$ . Maar  $A E : A D = A D : A O$ : gevolgetijk  $\pi \times A E \cdot A O = \pi \times A D^2 = \text{cirkel, wiens } radius \text{ is } A D$ . (VII. 14. Gev. 1.)

### I. GEVOLG.

De ronde oppervlakten van *spherische segmenten* in den zelfden kloon, staan tot elkander als de vierkanten der choorden, uit hunne toppen tot aan de omtrekken hunner grondvlakken getrokken; of als hunne hoogten.

D. G. Meetk. §. 935.

BEWIJS. Immers door dit Voorstel, oppervlakte *segm.*  $A B C D F H A$ : Oppervl. *segm.*  $A B H A = A D^2 : A B^2$ . Maar  $A D^2 : A B^2 = A O : A K$  (V. 15.) derhalve oppervl. *segm.*  $A B C D F H A$ : oppervl. *segm.*  $A B H A = A O : A K$ .

### II. GEVOLG.

De ronde oppervlakte eens *spherisch-segments* staat tot die van den kloon als het vierkant van de choorde des *segments* tot dat van de middellijn, of als de hoogte des *segments* tot de middellijn.

D. G. Meetk. §. 936.

### XIX. VOORSTEL.

De oppervlakten van verschillende *sphceren* staan tot elkander als de vierkanten hunner middellijnen.

AANMERKING. Indien men dit Gevolg vergelijkt met de 7. Bepaling van het XI. Boek, en met het geen wij in de II. Aanmerking op het X. Voorstel van het VII. Boek gezegd hebben: zal het blijken dat alle bollen, of *sphceren*, *gelijkvormige* ligchamen zijn.

### XX. VOORSTEL. Fig. 239.

De inhoud van den kloon is gelijkhaltig met dien van een' kegel, wiens hoogte de *radius* is van den kloon, en wiens grondvlak gelijkhaltig is met de oppervlakte van den kloon.

TACQUET pr. 28.

N n 2

BE-



540 XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.

BEWIJS. Uit XI. 29. en het XIII. Voorstel.

I. GEVOLG.

De klood is het viervoud van een' kegel wiens grondvlak de groote cirkel en wiens hoogte de *radius* is van den klood.

I. AANMERKING. Dit Gevolg geeft deze uitdrukking,  $\text{klood} = 4 \odot \times \frac{1}{3} R = \text{oppervl.} \times \frac{1}{3} R$ ; het geen de uitdrukking is door LE GENDRE gebezigd. VIII. 11. Cor.

II. AANMERKING. Hieruit volgen deze uitdrukkingen.

$$\text{Klood} = \frac{4 \pi R^3}{3} = \frac{4 \pi M^3}{24} = \frac{\pi M^3}{6}.$$

II. GEVOLG.

En dus is ook de klood het dubbeld van een' kegel wiens grondvlak de groote cirkel en wiens hoogte de middellijn is van den klood.

III. GEVOLG.

En de halve klood is het dubbeld van een' kegel wiens grondvlak de groote cirkel, en wiens hoogte de *radius* is van den klood.

TACQUET pr. 28. Cor. en pr. 30.

XXI. VOORSTEL.

Een klood staat tot den *cubus* om denzelfen beschreven, als het zesde gedeelte van den omtrek tot de middellijn.

BEWIJS.. Uit het XVII. en III. Voorstel: of XVII. Aanm. 2.

GEVOLG.

De klood staat tot den *cubus* van de middellijn, naar de rede door ARCHIMEDES gegeven, als 11: 21: naar die van LUDOLF, als 157: 300 of 11: 21, 02.

BEWIJS. Uit VII. 19. f

AANMERKING Hierop steunt op den proportionaal-passer, op de lijn getyeld *Reduc. Corpor. regul.*, waarvan wij in XI. 35. Aanm. 4. gesproken hebben, de afstand waarop het teeken van eenen klood of *sphaer* staat. Immers zij

zij M de middellijn van den kloot, en de zijde of ribbe van den *cubus* daar om beschreven; is *kloot*: *cubus* = 11: 21.02. Zij nu A de middellijn eens kloats gelijk aan den *cubus*: dan is  $M^3: A^3 = 11: 21.02$ : en

$$M: A = \sqrt[3]{11}: \sqrt[3]{21.02}; \text{ en } A = M \sqrt[3]{\frac{21.02}{11}} =$$

$M \times 1.2401$ : en deze is op de gemelde lijn des proportionaal passers de afstand van de *sphaer* tot het middelpunt, zoo die van den *cubus* gelijk aan 1, gesteld wordt.

## XXII. VOORSTEL.

Verschillende *sphaeren* staan tot elkander in de driebelde rede hunner middellijnen.

EUCL. XII. 18. — St. X. pr. 22. — L. G. VIII. 15 Cor.

BEWIJS. Uit Voorst. XX. Aanm. 2.

I. AANMERKING. De lijn der *cubi* of *ligchamen*, op den *proportionaal-pasfer*, waarvan in XI. 36. Aanm. gesproken is, dient insgelijks om *sphaeren* of *bollen* te vervaardigen die eene bepaalde rede tot elkander hebben: dat is om den *radius* te vinden van eene *sphaer* die met eene andere in eene bepaalde rede staan moet: immers die *radii*, of middellijnen, zijn als de cubic-wortels der bewuste rede.

II. AANMERKING. Ook is er op sommige proportionaal-passers eene lijn welke met de woorden *Metalen* wordt uitgedrukt. Deze dient om de middellijnen van kogels te bepalen, die uit verschillende metalen gemaakt worden, en echter een gelijk gewigt moeten houden. Als dan moet men de digtheid, of soortelijke zwaarte, kennen der metalen waaruit de kogels vervaardigd zijn: immers het gewigt is in samengestelde rede der grootte, of hier van den *cubus* der middellijn, en der digtheid. Zij G de digtheid bijv. van Goud: g die van ijzer: M en m de middellijnen van twee gelijkwigtige kogels: dan is

$$G \times M^3 = g \times m^3: \text{ en dus } M^3: m^3 = g: G \text{ en } M: m = \sqrt[3]{g}: \sqrt[3]{G} = 1: \sqrt[3]{\frac{G}{g}}.$$

Op die wijze is deze lijn vervaardigd: en de middellijn van een' ijzeren kogel van zeker gewigt gegeven zijnde, zal men die van eenen loden gelijkwigtigen kogel vinden, als men met een' passer de middellijn des gegebenen ijzeren kogels stelt tusschen  $\odot$  en  $\odot$  (ijzer) op de beide bladen: en dan met een' passer de opening neemt tusschen  $\odot$  en  $\odot$  (lood) en zoo voorts in alle gevallen.

XXIII. VOORSTEL.

Kleine *spheren* hebben meerder oppervlakte met betrekking tot haren inhoud, dan groote: en wel in omgekeerde rede der middellijnen.

BEWIJS. Indien  $O$  en  $o$ , de oppervlakten,  $I$  en  $i$  de inhouden,  $M$  en  $m$  de middellijnen aanduiden, is  
 $O = 4 \text{ gr. Cirk.} = 4 \text{ omtr. gr. Cirk.} \times \frac{1}{4} M = \text{omtr. gr. cirk.} \times M$

$$I = \pi \times \frac{1}{6} M^3 = \text{omtr. gr. cirk.} \times \frac{M^2}{6}$$

$$\text{dus } O : I = 6 : M \text{ en } \frac{O}{I} = \frac{6}{M}$$

$$\text{insgelijks } \frac{o}{i} = \frac{6}{m} : \text{ en } \frac{O}{I} : \frac{o}{i} = \frac{6}{M} : \frac{6}{m} = m : M.$$

XXIV. VOORSTEL.

De oppervlakte van den kloot is gelijkhaltig aan de *cylindrische* oppervlakte van eenen regthoekigen *cylinder* die om denzelfven beschreven is.

TACQUET, *Selecta ex ARCHIMEDE*, pr. 26.

BEWIJS. Uit Voorstel IV. Gev. 2. en Voorstel XVII.

XXV. VOORSTEL. Fig. 240.

Indien er een regthoekige *cylinder* om eenen kloot beschreven is, en men snijdt den *cylinder* en den kloot beiden door vlakken  $ISQM$  die loodregt op de as  $BL$  staan; zullen de *cylindrische* oppervlakten van ieder stuk  $[ACMI]$  van den *cylinder* gelijk zijn aan de ronde oppervlakten van ieder overeenkomend stuk  $[SBQ]$  van den kloot.

TACQUET, *Selecta ex ARCHIMEDE*, pr. 26, 27.

BEREIDING. Zij het  $\square A E$  de snede van den *cylinder*, door de as, en dus de cirkel  $FBDL$  die van den kloot.

BEWIJS. Uit het IV. en XXIV. Voorstel.

AANMERKING. Dit geldt insgelijks voor de spherische oppervlakten der *spherische - schijven* en der *spherische segmenten*: want is oppervlakte *segment*  $SBQS \propto$  oppervl. *cyl.*  $ACMI$  en oppervlakte *segment*  $FSBQD \propto$  oppervl. *cyl.*  $FACD$ : is het verschil, dat is, oppervlakte *schijf*  $SQDF \propto$  oppervl. *cyl.*  $IMFD$ .

Daar

Daar nu het grondvlak van die *cylinders* een groote cirkel des kloots is, en de hoogte, de hoogte van het *spherische segment*, of van de schijf, geeft dit Voorstel dit

I. GEVOLG.

De oppervlakte van eene schijf, of *segment*, eens kloots, wordt uitgedrukt door den omtrek des grooten cirkels gemultipliceerd door de hoogte van het *segment*, of van de schijf.

L. G. VIII. 11.

II. GEVOLG.

De oppervlakten van twee verschillende *segmenten*, of schijven, van den zelfden bol, of van gelijke bollen, staan tot elkander als hunne hoogten.

L. G. VIII. 11. Cor.

XXVI. VOORSTEL. Fig. 240.

De *cylinder* is gelijk aan *anderhalf maal* den klood om welken hij beschreven is, zoo wel wat den inhoud als de *geheele* oppervlakte betreft.

TACQUET, *Selecta ex* ARCHIMEDE, 32. — St. X. 21. — L. G. VIII. 16.

BRWIJS. Voor den *inhoud*. Uit Voorstel XVII. Aanm. 2. en Voorstel II. Gev. 6.

Voor de *oppervlakte*. Uit Voorstel XXIV en Voorstel IV. Gev. 3.

AANMERKING. ARCHIMEDES schatte dit Voorstel zoo hoog, dat hij beval dat men op zijn graf eenen klood, in eenen *cylinder* beschreven, verbeelden zoude.

I. GEVOLG.

Hieruit blijkt hoe men te verstaan hebbe het geen velen zeggen, dat de klood gelijk is aan den inhoud van den grooten cirkel, door twee derde gedeelten van de middellijn gemultipliceerd.

St. X. 21. Gev. 2. — L. G. VIII. 15.

XXVII. VOORSTEL.

Indien een kegel en een *cylinder* den grooten cirkel van eenen klood tot grondvlak hebben, en tot hoogte de middellijn van den klood: zullen de kegel, de klood, en de *cylinder* tot elkander staan als, 1, 2, 3.

TACQUET *Selecta etc.* pr. 32. Cor. 1. — St. X. 21. Gev. 1.

§44 XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.

BEWIJS. Uit Voorstel II. Gev. 6. Voorstel VIII. en Voorst. XX. Gev. 2.

XXVIII. VOORSTEL. Fig. 236.

De oppervlakte van den kloot staat tot de geheele oppervlakte van den gelijkzijdigen kegel in den zelven beschreven als 16 tot 9.

TACQUET, *Selecta* pr. 39.

BEWIJS. De oppervlakte van den kloot is het viervoud van den grooten cirkel, en die van den kegel het drievoud van het grondvlak (Voorst. X. Gev. 4). Maar groote cirkel van den kloot tot grondvlak van den kegel zoo als  $ON^2 : GF^2$  of  $OG^2$

$$= GO^2 : OI^2 \text{ (IV. 15. Gev. 2.) , en dus}$$

$$= OG^2 : \frac{1}{4} (OG)^2 = 4 : 1$$

en dus oppervlakte van den kloot tot die van den kegel  $= 16 : 9$ .

XXIX. VOORSTEL. Fig. 236.

De oppervlakte van den kloot staat tot de geheele oppervlakte van den gelijkzijdigen kegel om denzelven beschreven als 4 tot 9.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 40.

BEWIJS. De oppervl. van kloot GNFO: oppervl. van kegel GOF  $= 16 : 9$ . (Voorstel XXVIII.)

Maar, om dat KI  $= \frac{1}{2} ON$ ,

is oppervl. van kloot KBID  $= \frac{1}{4}$  oppervl. van kloot GNFO.  
dus oppervl. van kloot KBID: oppervl. van kegel GOF  $= 4 : 9$ .

GEVOLG.

Dus is de geheele oppervlakte van den omschreven kegel het viervoud van de geheele oppervlakte van den ingeschreven kegel,

TACQUET, *Selecta* pr. 41.

XXX. VOORSTEL. Fig. 236.

De kloot staat tot den gelijkzijdigen kegel in denzelven beschreven, als 32 tot 9.

TACQUET, *Selecta* pr. 42.

BEWIJS. Kloot KMBIBP: kegel BKD  $= 4 KI^2 \times CI$ :

$$BD^2 \times KL \text{ (Voorst. XX. Aanm. 1. en VIII. Gev. 2.)}$$

$$= 16 CI^2 : BD^2 \times KL$$

$$= 16 CI^2 : 3 CI^2 \times KL, \text{ (VI. 18.)}$$

$$= 16 CI^2 : 3 CI^2 \times \frac{3}{4} CI \text{ (VI. 17.)}$$

$$= 32 : 9.$$

XXXI.

XXXI. VOORSTEL. Fig. 236.

De kloon staat tot den gelijkzijdigen kegel om denzelven beschreven, als 4 tot 9.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 44.

$$\begin{aligned} \text{BEWIJS. Kloot KMDIBP: kegel GOP} &= 4 KI^2 \times CI: GF^3 \\ &\times OI \text{ (XX. Aanm. 2. en VIII. Gev. 2.)} \\ &= 16 \times CI^3: GF^3 \times OI \\ &= 16 \times CI^3: 3 CN^2 \times OI = (\text{VI. 18.}) \\ &= 16 \times CI^3: 3 CN^2 \times \frac{3}{2} CN \text{ (VI. 17.)} \\ &= 32 CI^3: 9 CN^3 \\ &= 32 CI^3: 9 \times 8 \overline{CI^3} \\ &= 4: 9. \end{aligned}$$

AANMERKING. De zelfde rede heeft ook plaats voor de oppervlakten van dien kloon en van dien kegel, zoo als blijkt uit Voorst. XXIX.

GEVOLG.

Dus is de gelijkzijdige kegel om den kloon beschreven, het achtvoud van den gelijkzijdigen kegel binnen den kloon beschreven.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 43.

XXXII. VOORSTEL.

De gelijkzijdige kegel en de regte *cylinder*, beiden om den kloon beschreven, staan, zoo wel voor den inhoud, als voor de *geheele* oppervlakte, tot elkander als de gemelde *cylinder* tot den kloon, of als 3 tot 2.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 45.

BEWIJS. Uit het XXXI. en XXVI. Voorstel.

XXXIII. VOORSTEL. Fig. 236.

Indien een gelijkzijdige kegel en een regte *cylinder*, beide, om den zelfden kloon beschreven zijn; staan hunne *geheele* oppervlakten, hunne bolle oppervlakten, hunne inhouden, hunne hoogten, hunne grondvlakken, als 3 tot 2.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 46.

BEWIJS. Voor de geheele oppervlakten, en de inhouden

P. kegel: kloon  $= 9:4$  : (XXXI. en XXIX.)

kloon: *cylinder*  $= 2:3$  (XXVI.)

Dus kegel: *cylinder*  $= 3:2$

N n 5

Voor

546 XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.

Voor de bolle oppervlakten;

$$\begin{aligned} \text{kegel: cylinder} &= \frac{1}{2} GF^2 : KI^2 \text{ (IV, X, en Boek VII. 14, 16.)} \\ &= \frac{3}{2} CN^2 : 4 IN^2 \text{ (VI. 17.)} \\ &= \frac{3}{2} CN^2 : CN^2 = 3 : 2. \end{aligned}$$

Voor de hoogten; kegel: cylinder  $= OI : KI = 3 : 2$ .

$$\begin{aligned} \text{Voor de grondvlakken: kegel: cylinder} &= \odot \text{ op } GF : \odot \text{ op } TS \\ &\quad + \odot \text{ op } QR \\ &= \odot \text{ op } GF : 2 \odot \text{ op } TS = \text{(VII. 16.)} \\ &= GF^2 : 2 TS^2 = 3 CN^2 : 2 CN^2 = 3 : 2. \end{aligned}$$

XXXIV. VOORSTEL.

De inhoud eens klootschen *sector* van den kloot is gelijk-  
huldig aan dien van een' kegel, wiens hoogte de *radius* van  
den kloot en wiens grondvlak de oppervlakte van den *sec-*  
*tor* is.

TACQUET, *Selecta etc.* pr. 29. — L. G. VIII. 15

GEVOLG.

De inhoud van den klootschen *sector* wordt gevolgelijk aldus  
uitgedrukt  $\frac{2 \pi R \times R}{3} \times H = \frac{2 \pi R^2 \times H}{3}$  (VII. 15.)

XXXV. VOORSTEL. Fig. 241.

De inhoud van een *spherisch-segment* is gelijk aan de helft  
van een' *cylinder* op het zelfde grondvlak staande en de zelfde  
hoogte hebbende als het *spherisch-segment*, te samen met den  
inhoud des kloots, waarvan de hoogte des *segments* de mid-  
dellijn zoude zijn.

L. G. VIII. 18.

BEWIJS. *Sector* CBRDC  $\propto$  *segm.* BPD + kegel BDC  
 $\propto$  *segm.* BPD +  $\odot$  BRDO  $\times \frac{1}{2} CS$ : (Voort. VIII. Gev. 2.)  
dat is, *sector* CBPDC  $\propto$  *segm.* BPD +  $\odot$  BRDO  $\times \frac{1}{2} (R - H)$   
waaruit volgt.

$$\begin{aligned} 1^{\circ} \text{ Segm. BPD} &\propto \text{sector CBPDC} - \odot \text{ BRDO} \times \frac{1}{2} (R - H) \\ &\propto \frac{2 \pi \cdot R^2 \cdot H}{3} - \odot \text{ BRDO} \times \frac{1}{2} (R - H) \end{aligned}$$

maar 2<sup>o</sup>.  $\odot$  BRDO;  $\odot$  ATaNM  $= BS^2 : AC^2$  (VII. 16.)  
en  $BS^2 = PS \times PS = P \times H = (2R - H) \times H$ , (V. 13.)  
derhalve

$$3^{\circ} \odot \text{ BRDO} : \pi R^2 = (2R - H) \times H : R^2 \text{ en}$$

4°.  $\odot BRDO = \pi \cdot (2R - H) \cdot H = 2\pi \cdot R \cdot H - \pi \cdot H^2$   
derhalve

5°.  $\pi \cdot R \cdot H = \frac{1}{2} \odot BRDO + \frac{1}{2} \pi \cdot H^2$   
en uit N°. 1. en 4.

6°.  $Segm. BPD = \frac{2\pi \cdot R^2 \cdot H}{3} - \frac{\pi H (2R - H)}{3} \cdot (R - H)$   
 $= \frac{2\pi \cdot R^2 \cdot H}{3} - \frac{2\pi \cdot R^2 \cdot H}{3} + \pi \cdot R \cdot H^2 - \frac{1}{3} \pi H^3 =$

$H (\pi \cdot R \cdot H - \frac{1}{3} \pi H^2)$ : derhalve uit 6 en 5.

7°.  $Segm. BPD = H (\frac{1}{2} \odot BRDO + \frac{\pi H^2}{2} - \frac{1}{3} \pi H^2)$

$= \frac{1}{2} \odot BRDO \times H + \frac{1}{6} \pi \cdot H^3$ . Indien dan  $R$  de *radius* van het cirkel grondvlak  $BRDO$  gesteld wordt. is

8°.  $Segm. BPD = \frac{1}{2} \pi \cdot R^2 \times H + \frac{1}{6} \pi \cdot H^3$ : het geen door (Voorst II. Gev. 5. en XX Aanm. 2.) de woorden van het Voorstel uitdrukt.

**I. AANMERKING.** De formule,  $segment BPD = \frac{1}{2} \pi \cdot R^2 \cdot H + \frac{1}{6} \pi H^3$ , hangt van  $R$  en van  $H$  af: maar men kan ze afhankelijk maken alléén van  $H$ , of alléén van  $R$ . Indien de  $As$  of middellijn des kloods  $A$  gesteld wordt is  $\overline{BS}^2 = PS \times Sp$  (V. 13.);  $R^2 = H(A - H) = AH - H^2$ . Het geen in de formule gesteld geeft  $\frac{1}{2} \pi H^2 \cdot A - \frac{1}{2} \pi \cdot H^3 + \frac{1}{6} \pi \cdot H^3 = \frac{1}{2} \pi H^2 \cdot A - \frac{1}{6} \pi \cdot H^3$ : en gevolgelyk oplevert dit

### I. GEVOLG.

Een *spherisch-segment* is gelijk aan het verschil tusfchen den dubbelden klood, wiens middellijn is de  $As$  des *segments* en den halven *cylinder* die tot hoogte heeft de  $As$  des kloods, en tot grondvlak den cirkel, wiens *radius* is de hoogte des *segments*.

**II. AANMERKING.** Indien men de formule van ons Voorstel wil uitdrukken alleen door  $R$ : hervat men  $R^2 = AH - H^2$  (Aanm. 1.) waaruit volgt

$H^2 - A \cdot H = -R^2$ : en  $H^2 - A \cdot H + \frac{1}{4} A^2 = \frac{1}{4} A^2 - R^2$

en  $H - \frac{1}{2} A = \pm \sqrt{\frac{1}{4} A^2 - R^2}$ : waaruit volgt

$H = \frac{A \pm \sqrt{A^2 - 4R^2}}{2}$ : en derhalve ook

$H^2 = \frac{2A^2 - 4R^2 \pm 2A\sqrt{A^2 - 4R^2}}{4}$ , of

$H^2$



$$H^2 = \frac{A^2 - 2R^2 \pm A \sqrt{A^2 - 4R^2}}{2}. \text{ Indien men nu voor}$$

H en  $H^2$  deze waardijen stelt in de formule van de 1. Aanm., te weten  $\text{segment} = \frac{1}{2} \pi \cdot H^2 A - \frac{2}{3} \pi \cdot H^3 = \frac{1}{6} \pi H^2 \times$

[3 A - 2 H] verkrijgt men  $\frac{1}{12} \pi [A^2 - 2R^2 \pm 2A \sqrt{A^2 - 4R^2}]$

$\times [3A - A \mp \sqrt{A^2 - 4R^2}]$ : het geen behoorlijk gemultipliceerd, en gereduceerd, geeft

$$\text{segment} = \frac{\pi}{12} [A^3 \pm (A^2 + 2R^2) (\sqrt{A^2 - 4R^2})].$$

Indien men nu stelt  $C^2 = A^2 + 2R^2$ : en  $E^2 = A^2 - 4R^2 = A - (2R)^2$ : zal het *segment* uitgedrukt worden door

$$\frac{1}{2} \times \frac{\pi}{6} A^3 \mp \pi C^2 \times \frac{E}{12}, \text{ het geen opgeeft in woorden dit}$$

## • II. GEVOLG.

Een *spherisch segment* is, naar mate het kleiner of grooter is dan de halve kloot, gelijkhaltig aan het verschil of aan de som van den halven kloot, en van het twaalfde gedeelte eens *cylinders*, waarvan de *radius* van het grondvlak is de wortel uit de som van het vierkant van de  $As$ , en het dubbeld vierkant van den *radius* van het grondvlak des *segments*, en de hoogte gelijk aan den vierkanten wortel uit het verschil van het vierkant van de  $As$ , en van het vierkant der middellijn van het grondvlak des *segments*.

### XXXVI. VOORSTEL. Fig. 241.

De inhoud van eene klootsche schijf [B D F E], door twee aan elkander evenwijdige cirkels (B R D O en E Q F T) gevormd, wordt uitgedrukt door de halve som der beide grondvlakken vermenigvuldigd door de halve hoogte, te samen met den inhoud des kloots, wiens middellijn is de zelfde hoogte van den schijf.

L. G. VIII, 18. — D. G. Meetk. §. 968.

**Bewijs.** De schijf is gelijk aan het verschil der segmenten E P F en B P D: en derhalve (Voorst. XXXV.) zoo  $R$  en  $r$  de *radij* der grondvlakken,  $H$  en  $h$  de hoogten der segmenten zijn, is de schijf  $= [\frac{1}{2} \pi R^2 + \frac{1}{6} \pi H^3] - [\frac{1}{2} \pi r^2 + \frac{1}{6} \pi h^3]$   
 $= (\text{Voorst. XXXV. Aanm. 1.}) [\frac{1}{2} \pi H^2 A - \frac{2}{3} \pi H^3]$   
 $- [\frac{1}{2} \pi h^2 A - \frac{2}{3} \pi h^3] = \frac{1}{6} \pi [3A [H^2 - h^2]$   
 $- 2 \pi [H^3 - h^3]].$  Het geen nader ontwikkeld geeft,

$$1^{\circ}. \frac{1}{6} \pi (3 A . H^2 - 2 H^3 - 3 A . h^2 + 2 h^3) \text{ of}$$

$$2^{\circ}. \frac{1}{6} \pi [3 A . H^2 - 3 H^3 + H^3 - 3 A . h^2 + 3 h^3 - h^3]$$

waarnit

$$3^{\circ}. \frac{1}{6} \pi [3 H (A . H - H^2) - 3 h (A h - h^2) + H^3 - h^3]$$

en om dat  $R^2 = AH - H^2$  en  $r^2 = Ah - h^2$

$$4^{\circ}. \frac{1}{6} \pi [3 R^2 . H - 3 r^2 . h + H^3 - h^3] =$$

$$\frac{1}{6} \pi [3 R^2 . H - 3 r^2 . h - 3 r^2 . H + 3 R^2 . H - 3 R^2 . (h - 3 R^2 . h) + H^3 - h^3]$$

$$= \frac{1}{6} \pi [3 R^2 . H - 3 R^2 . h + 3 r^2 . H - 3 r^2 . h + H^3 - 3 r^2 . H + 3 R^2 . h - h^3]$$

dat is

$$5^{\circ}. \frac{1}{6} \pi [3 R^2 [H - h] + 3 r^2 [H - h] + H^3 - h^3 - 3 r^2 H + 3 R^2 . h]$$

maar de twee laatste leden van N<sup>o</sup>. 5.

$$- 3 r^2 . H + 3 R^2 . h = - 3 (A . h - h^2) H +$$

$$3 (AH - H^2) h = - 3 A . H . h + 3 H . h^2 +$$

$$3 A . H . h - 3 H^2 . h = 3 H . h^2 - 3 H^2 . h.$$

Deze waardijen in N<sup>o</sup>. 5. gesteld zijnde komt

$$6^{\circ}. \frac{1}{6} \pi [3 (R^2 + r^2) (H - h) + H^3 - 3 H^2 . h + 3 H h^2 - h^3]$$

$$= \frac{1}{6} \pi [3 (R^2 + r^2) (H - h) + (H - h)^3].$$

Daar nu  $H - h =$  de hoogte is van de schijf: heeft men

$$7^{\circ}. \text{Inhoud van de schijf des kloots} = \frac{1}{6} \pi . R^2 . H + \frac{1}{6} \pi r^2 . H + \frac{1}{6} \pi . H^3; \text{ het geen de woorden van het Voorstel uitdrukt.}$$

I. AANMERKING. Het blijkt uit de formule dat dit Voorstel ook aldus uitgedrukt hadt kunnen worden.

De inhoud van eene klootsche schijf door twee aan elkander evenwijdige cirkels gevormd is gelijk aan de som van den inhoud des kloots, die de hoogte der schijf tot middellijn heeft, en van dien des halven *cylinders*, die tot hoogte heeft de hoogte der schijf en tot grondvlak eenen cirkel wiens *radius* is de vierkante wortel uit de som der vierkanten van de *radii* der beide vlakken van de schijf.

II. AANMERKING. LE GENDRE, en na hem DE GELDER, heeft dit Voorstel tot Hoofd-Voorstel genomen en er het voorgaande als een Gevolg uit afgeleid: immers indien  $r = 0$ :  $h = 0$ : wordt de schijf een *segment* des kloots: en de formule wordt  $\frac{1}{6} \pi R^2 . H - \frac{1}{6} \pi H^3$ : dat het voorgaande Voorstel is. Beide bewijzen derhalve dit ons XXXVL Voorstel onmiddellijk, en uit geheel andere gronden, uit eenige voorafgaande voorzetsels ontleend.

Ik

Ik heb geoordeeld, den inhoud eener schijf uit dien der *segmenten* te moeten afleiden: al ware het maar om de overeenkomst te toonen van de formule voor de schijf door LE GENDRE opgegeven, met die welke daar voor uit het verschil van twee *segmenten* wordt afgeleid, en die, in den eersten opslag, daar mede veel schijnt te verschillen.

## IV. AFDEELING.

### OVER DE INSCHRIJVING DER REGELMATIGE LIGCHAMEN IN DEN KLOOT.

#### XXXVII. VOORSTEL.

Alle regelmatige ligchamen kunnen in eenen klood beschreven worden.

I. AANMERKING. Men vindt in het XIII, XIV, en XV Boek van EUCLIDES vele voorstellen die inschrijving betreffende; wij zullen alléén aanmerken, vooreerst, dat wanneer een regelmatig ligchaam in eenen klood beschreven is, de  $\alpha$ s van den klood ook die van het ligchaam is: en ten tweeden, dat, zoodra de  $\alpha$ s van een regelmatig ligchaam gegeven is, zijne zijden en ribben ook eene bepaalde grootte hebben. Gevolgelyk, om een bepaald ligchaam in eenen bepaalden klood te beschrijven, moet men 1°. uit de gegeven grootte van de  $\alpha$ s des kloods besluiten, welke de grootte is van de ribben in het gemelde ligchaam: en 2°. de stippen van de kloodsche holle oppervlakte bepalen op welken de hoeken van het ligchaam rusten zullen: welke ribben en hoeken het onderwerp maken van het XXXVIII. en XXXIX. Voorstel.

II AANMERKING. Wat het eerste gedeelte betreft, men kan zulks gemakkelijk verrigten door het geen wij in de toepassing van het XXXIII. Voorstel van het XI. Boek gezegd hebben. Wij zullen nu kortheidshalven door A de  $\alpha$ s van den klood, en dus ook van het ligchaam, en door R de ribbe van het ligchaam uitdrukken. Verder, men kan ook, de  $\alpha$ s des kloods door eene lijn uitgedrukt zijnde, de ribben van alle de regelmatige ligchamen, in dien klood beschreven, insgelijks door lijnen uitdrukken.

#### XXXVIII. VOORSTEL. Fig. 242.

Te vinden de hoegrootheid der ribben van ieder der vijf re-

*IV. Afd.: Over de inschr. der regelm. ligch. in den klood. 551*

regelmatige ligchamen, wanneer de As des kloods waarin zij beschreven moeten worden, gegeven is: en dezelve door lijnen uittedrukken.

OPLOSSING. Zij dan (Fig. 242.) AB de as van den klood, AEB de halve cirkel op denzelven, en dus de halve snede van den klood langs de as.

I. Voor het TETRAEDRUM.

$$A = R \sqrt{\frac{3}{2}}: (\text{XI. 33. N}^{\circ}. 1.)$$

$$R = A \sqrt{\frac{2}{3}} = A \times 0.8165$$

$$R^2 = \frac{2}{3} A^2; \text{ of } R^2 : A^2 = 2 : 3$$

Deze is de XIII. propositie van het XIII. Boek van EUCLIDES.

Indien men nu maakt AD: DB: AB = 2: 1: 3; ZD loodrecht in D opricht; en AZ trekt: dan is AZ de ribbe van het *tetraedrum*: want 1<sup>o</sup>.  $\overline{ZD}^2 = \overline{AD} \times \overline{DB}$  (V. 13.)

$$= \frac{2}{3} AB \times \frac{1}{3} AB = \frac{2}{9} AB^2; \text{ voorts } AD^2 = \frac{4}{9} AB^2$$

$$\text{dus } AZ^2 = AB^2 \times \frac{6}{9} = AB^2 \times \frac{2}{3}; \text{ en}$$

$$AZ = AB \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

EUCL. XIII. 13 en 18.

II. Voor het OCTAEDRUM.

$$\text{is } A = R \sqrt{2}: (\text{XI. 33. N}^{\circ}. \text{II. 2.})$$

$$\text{of } A^2 = 2 R^2$$

$$\text{dus } R = \frac{A}{\sqrt{2}}: \text{ of } R: A = 1: \sqrt{2}; R = A \times 0.7071.$$

Dit is EUCL. XIII. 14.

Men trekke; uit C, CE loodrecht, en dan AE: AE is de ribbe van het *Octaedrum*: want  $\overline{AE}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{EC}^2 = \frac{1}{2} \overline{AB}^2 = (\frac{1}{2} AB)^2$ : dus  $AE = AB \sqrt{\frac{1}{2}}$ .

EUCL. XIII. 14 en 18.

III. Voor den CUBUS.

$$\text{is } A = R \sqrt[3]{3}: (\text{XI. 33. N}^{\circ}. \text{IV. 3.}) \text{ dus } R = \frac{A}{\sqrt[3]{3}} = A \times 0.5774$$

$$\text{of } A^3 = 3 R^3$$

$$\text{dus } A^3 : R^3 = 3 : 1.$$

Dit is EUCL. XIII. 15.

Trek ZB; ZB is de ribbe van den *cubus*: want

$$\overline{ZB}^2 = \overline{ZD}^2 + \overline{DB}^2 = \frac{2}{9} AB^2 + \frac{1}{9} AB^2$$

$$= AB^2 \times \frac{3}{9}: \text{ dus } ZB = AB \sqrt{\frac{1}{3}}.$$

EUCL. XIII. 18.

IV.

## IV. Voor het ICOSAEDRUM.

$$\text{is } A = R \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}} \text{ (XI. 33. N}^{\circ}\text{. III. 1}^{\circ}\text{.)}$$

$$\text{dus } R = A \sqrt{\frac{2}{5 + \sqrt{5}}} = A \times 0.5255.$$

$$\text{en } R^2 = A^2 \cdot \left( \frac{2}{5 + \sqrt{5}} \right)$$

Stel  $AH = AB$ : trek  $HC$ : uit  $T$ ,  $TK$  loodregt op  $AB$ ; en dan  $TB : AT$ ; deze is de ribbe van het *Icosaedrum*:

want  $TK : KC = HA : AC$ : IV. 2.)  $= AB : AC$  dus  $KC = \frac{1}{2} TK$  dus  $TC^2 = TK^2 + KC^2 = 5 KC^2 = \frac{1}{4} AB^2$ : en  $KC = AB \sqrt{\frac{1}{20}}$

Ook is  $AT : AK = AB : AT$ . (IV. 15.)

dus  $AT^2 = AK \times AB$ .

Maar  $AK = AC - KC = \frac{1}{2} AB - AB \sqrt{\frac{1}{20}} = \frac{1}{2} AB (1 - \sqrt{\frac{1}{5}})$

dus  $AT^2 = \frac{1}{2} AB (1 - \sqrt{\frac{1}{5}}) \times AB$

$$= AB^2 \cdot \frac{(\sqrt{5} - 1)}{2 \sqrt{5}} = AB^2 \left( \frac{5 - \sqrt{5}}{10} \right)$$

$$\text{dus } AT = AB \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{10}} = A \sqrt{\frac{2}{5 + \sqrt{5}}}.$$

EUCL. XIII. 16 en 18.

## V. Voor het DODECAEDRUM.

$$\text{is } A = R \times \frac{2 \sqrt{3}}{\sqrt{5} - 1} \text{ (XI. 33. N}^{\circ}\text{. V. 1}^{\circ}\text{.)}$$

$$R = \frac{A}{2 \sqrt{3}} \times (\sqrt{5} - 1) = A \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{6}} = A \times 0.3563$$

$$R^2 = A^2 \left( \frac{5 - \sqrt{5}}{6} \right).$$

Men snijde dus  $ZB$  in  $N$ , in uiterste en middelste rede: dan is  $NZ$  de ribbe van het *Dodecaedrum*:

want  $NZ = \frac{1}{2} ZB (\sqrt{5} - 1)$  door IV. 18. Aanm. 2.

maar  $ZB = AB \sqrt{\frac{3}{2}}$ :

$$\text{dus } NZ = \frac{AB}{2 \sqrt{3}} \times (\sqrt{5} - 1) = AB \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{6}} = R.$$

EUCL. XII. 17 en 18.

I. AANMERKING. Zie daar de grootte der ribben van de vijf lichamen in den zelfden klood beschreven, bepaald, en door lijnen uitgedrukt. EUCLIDES heeft ook, zoo als wij gezien hebben, de grootte van de ribben van het *tetraedrum*, het *octaedrum*, en den *cubus* bepaaldelijk opgegeven; doch niet van het *icosaedrum* en het *dodecaedrum*; en hierin zijn wij dus verder. Hij geeft aan de ribbe van het *icosaedrum* den naam van de *kleine onmeetbare lijn*, en aan die van het *dodecaedrum* den naam van *apotome*, dat is de *afgesneden*. Men zoude eene vrij omflagtige verklaring van vele stukken uit het zeer moeilijke X. Boek van EUCLIDES moeten geven om dit alles te verklaren: genoeg zij het hier te herinneren het geen in VI. 22. Gev. 1. gezegd is, en er bij te voegen, dat de ribbe van het *icosaedrum* in de daad eene *kleine onmeetbare* is naar de bepalingen van EUCLIDES:

$$\text{want } AT^2 = \frac{AB^2}{10} \times (5 - \sqrt{5}) = \frac{AB}{10} \times AB.(5 - \sqrt{5}):$$

dat is het product van eene meetbare lijn  $\frac{AB}{10}$  en eene onmeetbare  $AB.(5 - \sqrt{5})$  die een vierde *apotome* is.

II. AANMERKING. Nu blijft er nog overig de inschrijving zelve.

### XXXIX. VOORSTEL. I. Fig. 242.

De vijf regelmatige lichamen in eenen klood te beschrijven.

#### 1. OPLOSSING VOOR HET TETRAEDRUM.

AZ is de ribbe van het *tetraedrum*: dus zullen de drie ribben, die het driehoekig grondvlak uitmaken, in het vlak van den kloodnen cirkel moeten staan, waarvan ZD de *radius* is.

$$\text{maar } ZD^2: AB^2 = \frac{2}{9} AB^2: AB^2 = 2: 9$$

$$\text{en dus } ZD: AB = \sqrt{2}: 3 \text{ of}$$

$ZD: \frac{1}{2} AB = \sqrt{2}: \frac{3}{2} = 2\sqrt{2}: 3$ . En dus zal men den cirkel hebben, in welken men eenen gelijkzijdigen driehoek beschrijft, die met de lijnen naar den top A getrokken het *tetraedrum* zal uitmaken.

EUCL. XIII. 13.

#### II. OPLOSSING VOOR HET OCTAEDRUM.

Voor het *octaedrum* is AB de ribbe: dus EC de *radius* van den cirkel, waarin het vierkant staat, dat de beide *pyramiden*, welke het vlak van het *octaedrum* uitmaken, vereenigen en dus, indien men eenen grooten cirkel loodregt op den as stelt, beschrijve men slechts een vierkant in dien cirkel, en trekke men lijnen naar de beide uiteinden van de as.

EUCL. XIII. 14.

$$\begin{aligned} \text{Inhoud} &= R^3 \times \frac{5}{12} (3 + \sqrt{5}) \text{ (XI. 35. Gev. 4) } \\ &= \frac{10}{12} A^3 \left( \frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}} \right) \cdot \sqrt{\frac{6 + 2\sqrt{5}}{2(5 - \sqrt{5})}} \\ &= \frac{10}{12} A^3 \sqrt{\frac{2}{5(5 - \sqrt{5})}} = \frac{5}{6} A^3 \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}}. \end{aligned}$$

#### IV. Voor den CUBUS.

$$\text{Ribbe} = A \times \sqrt[3]{3}$$

$$\text{Oppervlakte} = 6 A^2$$

$$\text{Inhoud} = \frac{A^3}{3 \sqrt[3]{3}}.$$

#### V. Voor het DODECAEDRUM.

$$\text{Ribbe} = A \left( \frac{\sqrt{5} - 1}{2 \sqrt{3}} \right) = A \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{6}} \text{ (Voorstel XXXVIII. N<sup>o</sup>. V.)}$$

$$\begin{aligned} \text{Oppervl.} &= 15 R^2 \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}} = 5 A^2 \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}} \\ &= 5 A^2 \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{10}} \text{ (XI. 35. Gev. 5.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inh.} &= R^3 \sqrt[3]{\frac{15 + 7\sqrt{5}}{4}} = A^3 \times \frac{5}{12} \sqrt[3]{\frac{2(3 + \sqrt{5})}{15}} \\ &= \frac{A^3}{12} \sqrt[3]{\frac{30 + 10\sqrt{5}}{3}}. \end{aligned}$$

#### I. GEVOLG.

De oppervlakte van het *dodecaedrum* staat tot die van het *icosaedrum* als de ribbe van den *cubus* tot die van het *icosaedrum*.

EUCL. XIV. 4.

BEWIJS. De oppervlakte van het *dodecaedrum* staat tot die van het *icosaedrum*.

$$\begin{aligned} &= 5 A^2 \cdot \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}} : 5 A^2 \cdot \left( \frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}} \right) \sqrt[3]{3} \\ &= 1 : \sqrt[3]{3} \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}} = \sqrt[3]{3} : \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}}. \end{aligned}$$

II. GEVOLG.

Het *dodecaedrum* staat tot het *icosaedrum* als de ribbe van den *cubus* tot die van het *icosaedrum*.

EUCL. XIV. 5.

BEWIJS. *Dodecaedrum* : *icosaedrum* =

$$= A^3 \times \frac{5}{12} \sqrt{\frac{2(3 + \sqrt{5})}{15}} : \frac{10}{12} A^3 \sqrt{\frac{2}{5(5 - \sqrt{5})}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{8}} : 2 \sqrt{\frac{1}{5 - \sqrt{5}}}$$

$$= 1 : 2 \sqrt{\frac{3}{(3 + \sqrt{5}) \cdot (5 - \sqrt{5})}}$$

$$= 1 : 2 \sqrt{\frac{3 \cdot (3 - \sqrt{5})}{(3 + \sqrt{5}) \cdot (3 - \sqrt{5}) \cdot (5 - \sqrt{5})}}$$

$$= 1 : \sqrt{\frac{3(3 - \sqrt{5})}{5 - \sqrt{5}}} : = \sqrt{\frac{3}{5}} : \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}} : \text{als de ribbe}$$

van den *cubus* tot die van het *icosaedrum*.

III. GEVOLG.

Dus hebben de oppervlakten van het *dodecaedrum* en *icosaedrum* de zelfde rede tot elkander als de inhouden dier zelfde figuren; namelijk die van de ribbe van den *cubus* tot die van het *icosaedrum*.

IV. GEVOLG.

De ribbe van den *cubus* staat tot die van het *icosaedrum* als de lijn wier vierkant gelijk is aan het vierkant van eene lijn in uiterste en middelste rede gesneden te samen met het vierkant van het grootste stuk, tot de lijn wier vierkant gelijk is aan het vierkant van de gemelde gesneden lijn te samen met dat van het kleinste stuk.

BEWIJS. Zij L eene lijn in uiterste en middelste rede gesneden, zij G het grootste, K het kleinste stuk: dan is (IV. 18. Aanm. 1.)

$$G = \frac{L}{2} (\sqrt{5} - 1) \text{ en door IV. 18. Aanm. 2.}$$

$$K = \frac{L}{2} (3 - \sqrt{5}); \text{ en dus}$$

$$\sqrt{L^2 + G^2} : \sqrt{L^2 + K^2} = \sqrt{L^2 + L^2 \cdot (\sqrt{5} - 1)^2} :$$

003

$\sqrt{L^2}$



GEVOLG.

De maat van dien hoek is de regtlĳnige hoek  $\gamma Pz$ , door de raaklijnen dier cirkels in den top des hoeks gevormd: of ook de regtlĳnige hoek die door lijnen uit eenig ſtip van de gemeene as, op dezelve, in de vlakken dier cirkels loodregt getrokken, gevormd wordt.

L. G. VII. 8.

XLII. VOORSTEL. Fig. 241.

Wanneer men uit het middelpunt  $C$  eens grooten cirkels  $AMa$  eene loodlijſe  $PCp$  op het vlak van dien cirkel trekt, zullen de uiteinden  $P$  en  $p$  van dezelve op de oppervlakte des kloots even ver af ſtaan van alle de ſtippen in den omtrek van dien cirkel genomen: gelijk mede van alle de ſtippen in den omtrek van iederen kleinen cirkel  $EIF$  die aan gemelden grooten cirkel evenwĳdig is,

L. G. VII. 6.

Bewijs. Om dat alle de bogen  $PA$ ,  $PM$ ,  $PN$ , enz vierde gedeelten des omtreks zijn: en dat, vermits  $\odot EIF \parallel \odot AMa$ , ook de bogen  $EA$ ,  $IM$ ,  $PN$  onderling gelijk zijn. gelijk ook de bogen  $BE$ ,  $PI$ ,  $PF$ .

XXV. BEPALING. Fig. 241.

Men noemt *pool* van een' cirkel op de oppervlakte eens kloots beſchreven, dat ſtip  $P$  dier oppervlakte, hetwelk even ver afſtaat van alle de ſtippen van den omtrek diens cirkels.

L. G. VII. def. 5.

I. GEVOLG.

Ieder cirkel  $EIF$ , of  $AMa$  op de oppervlakte eens kloots beſchreven heeft twee polen  $P$  en  $p$  die over elkander ſtaan, of ieder eenen halven omtrek van elkander verwijderd zijn, en door eene lijn welke door het middelpunt van den kloot gaat, en dus door eene as, veréénigd worden.

II. GEVOLG.

Voor eenen grooten cirkel ſtaat de pool 90 graden van dezelfde omtrek af.

III. GEVOLG.

De cirkelboog die op de oppervlakte des kloots de beſtendige maat is van eenen klootſchen hoek, (Voorſt. XLI. Gey.) en de boog eens grooten cirkels is, heeft tot pool den top van gemelden hoek.

XLIII.

**XLIII. VOORSTEL. Fig. 241.**

Wanneer twee cirkels  $[PMp, AMa]$  zich op de oppervlakte eens kloots snijden, en derzelver vlakken loodrecht op elkander staan, maken zij onderling rechte hoeken; de cirkels, omtrekken dier vlakken, gaan door de *polen* de een van den anderen: en zij maken om het stip van snijding vier rechte hoeken.

**GEVOLG. Fig. 244.**

Wanneer het vlak eens cirkels  $PMp$  schuins op het vlak eens anderen cirkels  $AMa$  valt: is in het stip van snijding  $[M]$ , de eene hoek op de oppervlakte des kloots grooter, de andere kleiner dan recht: te samen maken zij twee rechte: de schuinsche hoeken  $AMp, pMa$  zijn onderling gelijk: en de hoeken rondom dat stip  $M$  zijn te samen gelijk aan vier rechte hoeken.

**AANMERKING.** Het zelfde heeft dan ten deze opzichte plaats voor klootsche als voor regtlijnige hoeken.

**XLIV. VOORSTEL. Fig. 244.**

De hoek  $[EPL]$  welke de bogen  $EP, PL$  van twee groote cirkels  $PEp, PLp$ , uit het zelfde stip  $P$  op de oppervlakte des kloots getrokken onderling maken, is grooter dan de regtlijnige hoek  $[EPL]$ , die in het zelfde stip  $[P]$  door de choorden  $[EP, PL]$  dier bogen gemaakt wordt.

**BEREIDING.** Trek uit  $E$  in het vlak  $PEpP$  de loodlijn  $ET$ , op de gemeene snede d. i. op de as  $Pp$ : en uit  $T$  in het vlak  $PLpP$  de loodlijn  $TU$ , die de choorde  $PL$  ontmoet in  $U$ : trek verder  $EU$ .

**BEWIJS.**  $EP > TE$  en  $PU > TU$ : beide de driehoeken  $EPU$  en  $ETU$  hebben de zelfde grondlijn  $EU$ : derhalve hoek  $EPU < \angle ETU$ : maar  $ETU$  is de maat der helling van de beide vlakken  $PEpP$ , en  $PLpP$ : dat is, is de maat des klootschen hoeks  $EPL$  (Voorst. XLI. Gev.): waaruit het Voorstel volgt.

**AANMERKING.** Dit Voorstel wordt reeds gevonden bij STEVIN, in het bewijs van het XIV. Voorstel in het derde Boek der *Cosmographie*.

**XLV. VOORSTEL. Fig. 244.**

Wanneer twee groote cirkels  $[PApEP, en PMpLP]$  van den klood, elkander op deszelfs oppervlakte snijden, zal het volgende plaats hebben. 1°. Die cirkels snijden zich in twee stippen  $P$  en  $p$  zoodanig gesteld dat de lijn  $Pp$ , die deselve

vereenigt, door het middelpunt  $C$  van den kloot gaat, en dus eene  $as$  is van dezen; 2°. Zij verdeelen elkander in twee gelijke deelen, die gevolgelijk ieder een halve omtrek des cirkels zijn: 3°. zij verdeelen de oppervlakte des kloots in vier deelen, waarvan de twee tegen elkander overgestelde,  $PApMP$  en  $pEPLp$ ;  $pMPEp$  en  $PApLP$ , onderling gelijk zijn.

**Bewijs.** Uit den aard zelven van den kloot.

#### XXVI. BEPALING. Fig. 241.

De *strooken*  $PApMP$ ,  $pMPap$ ,  $pNPp$ , en  $PApNP$ , welke door de onderlinge snijding van twee groote cirkels op de oppervlakte des kloots gevormd worden, en gevolgelijk wederzijds eindigen in de polen  $P$  en  $p$ , uiteinden der gemeene middellijn  $Pp$ , of der gemeene snede van de vlakken  $PAp$ ,  $PMp$ ,  $PNp$ ,  $pap$ , dragen den naam van *spherische schuitjes*: (*fuseaux sphériques*).

L. G. VII. def. 9.

**AANMERKING.** *Schuitje* is de naam welke die strooken in de Globe-fabrieken dragen. Het is bekend dat de kaarten waar mede de oppervlakten der Globes bedekt worden, uit dergelijke naast elkander geplaatste *schuitjes* bestaan, welke op de oppervlakte van de Globe geplakt, dezelve geheel bedekken.

#### XXVII. BEPALING. Fig. 241.

De ruimte welke bevat is tusschen twee cirkel-vlakken  $PApP$  en  $PMpP$  (van twee groote cirkels) die elkander in de  $As Pp$  snijden, d. i. dat gedeelte van den inhoud des kloots, dat door die twee cirkelvlakken, tusschen de  $as$  en het *spherisch-schuitje*  $PApMp$  begrepen is, draagt den naam van *spherische keg* (*coin-sphérique*) en ook van *tweevlakkigen bolvormigen sector*.

L. G. VII. def. 10. — D. G. §. 941.

#### XLVI. VOORSTEL. Fig. 241.

De oppervlakte van eene spherische *strook*, of *spherisch-schuitje* [ $PApP$ ], staat tot de geheele oppervlakte des kloots, als de hoek, welken de vlakken, die het gemelde schuitje vormen, onderling maken, tot vier rechte hoeken: of, zoo als de boog  $AM$  welke de maat is diens hoeks tot den geheelen omtrek. In de zelfde rede staat de inhoud der *klootsche keg*, of des *tweevlakkigen bolvormigen sectors*, tot den inhoud des kloots.

L. G. VII. 20. — D. G. §. 942.

**Bewijs.** Dit wordt op de zelfde wijze bewezen als VIII. 1 en 2.

**L. AANMERKING.** Indien men de oppervlakte van het schuitje door S, den boog die de maat is van den hoek welken de vlakken van het schuitje onderling maken, door B, de oppervlakte der kloats door de Grieksche letter ( $\Omega$ ), genoemd *oméga* of lange O uitdrukt, is door dit Voorstel  $S = \frac{B \cdot \Omega}{4 \cdot L}$ : en daar uit, (door dit

Voorstel en door VII. 14. Gev. 1.) is  $S = \frac{B \cdot \times 4 r^2 \pi}{360^\circ} =$

$\frac{B \times \pi \times r^2}{90^\circ}$ : waar door, de boog B bekend zijnde, de oppervlakte van het schuitje in gedeelten van de oppervlakte des kloats tot welken het behoort, bepaald wordt: zoo  $B = 90^\circ$ .

is  $S = \frac{90^\circ \times \pi \cdot r^2}{90^\circ} = \frac{\pi \cdot r^2}{9} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{12} = \frac{\Omega}{12}$ , of

aan het twaalfde gedeelte der oppervlakte van den kloat: en het zelfde gedeelte van des kloats inhoud is de inhoud van de kloatsche keg wier boog is  $30^\circ$ .

DE LAMBRE, *Abregé d'Astronomie*, Leçon IV. §. 74.

**II. AANMERKING.** Men heeft ook door VII. 19. Aanm. 4.

$S = \frac{B \cdot \pi \cdot r^2}{90^\circ} = \frac{B \times 3.14159265 \times r^2}{324000''} =$  (VIII. 10. Gev. 2.)

$B \cdot r^2$ , fin.  $2''$ . waar door de oppervlakte van het schuitje in vierkante deelen van den *radius* des kloats wordt uitgedrukt.

## XXVIII. BEPALING. Fig. 244.

Wanneer drie *groote cirkels* zich op de oppervlakte eens kloats snijden, wordt het gedeelte der oppervlakte, dat door drie bogen PE, PL, LE van die cirkels bepaald wordt, *kloatsche driehoek* genoemd: en de bogen waaruit deze bestaat, zijn dezelven zijden.

L. G. VII. 6. — D. G. §. 947.

**AANMERKING.** De namen van gelijkzijdige en gelijkbeenige/driehoeken hebben de zelfde beteekenis als voor de reglijnige driehoeken,

### I. GEVOLG.

Een kloatsche driehoek bestaat uit drie bogen van groote cirkels die met den zelfden *radius* beschreven zijn.

II.

## II. GEVOLG.

Een klootsche driehoek behoort dus altijd tot eenen bepaalden kloon, wiens *radius* gegeven is, en van wiens oppervlakte hij een gedeelte uitmaakt: de driehoek kan van die oppervlakte slechts bij aftrekking gescheiden worden.

## III. GEVOLG.

Het gedeelte van de oppervlakte des kloots, dat door eenen klootschen driehoek beperkt wordt, hangt af, en van de grootte der bogen en van de grootte der hoeken van dien driehoek: zoo dat, indien op den zelfden kloon twee driehoeken beschreven zijn, wier zijden gelijk zijn, ieder aan ieder, en waarin de hoeken tuschen gelijke zijden begrepen ook gelijk zijn ieder aan ieder, de oppervlakten dier twee klootsche driehoeken gelijk zullen zijn.

## XXIX. BEPALING. Fig. 243.

Men noemt *drievlakkige klootsche pyramide* de *pyramide* die er in het middelpunt C des kloots gevormd wordt, uit de vlakken, PCE, ECL, PCL, die door de bogen PE, EL, PL, zijden diens klootschen driehoeks op de oppervlakte des kloots beschreven, en de *radii* EC, PC, LC beperkt zijn, en uit de oppervlakte des klootschen driehoeks zelve PEL als grondvlak.

D. G. §. 947. noemt de *drievlakkige klootsche pyramide*, *drievlakkigen bolvormigen sector*; waarvan het grondvlak een *bolvormige*, *klootsche* of *spherische driehoek* is.

AANMERKING. Deze *drievlakkige pyramide* verschilt dan van die waarvan in het XI. Boek gehandeld is, alleen door het grondvlak, welke hier geen platte maar een klootsche driehoek is, d. i. eene bolle oppervlakte, die een gedeelte uitmaakt van de oppervlakte zelve des kloots: gelijk de geheele *pyramide* een gedeelte is van deszelfs inhoud.

## GEVOLG.

De vlakke hoeken die te samen den ligchamelijken tophoek der gemelde *pyramide* uitmaken, hebben ieder tot maat den boog, dat is de zijde des klootschen driehoeks, welke het vlak van dien hoek op de oppervlakte des kloots beperkt.

## XLVII. VOORSTEL.

In eenen klootschen driehoek waarvan de drie zijden eene bepaalde grootte hebben, zijn ieder der drie hoeken ook bepaald: en indien twee zijden en de hoek tuschen dezelve be-

*V. Afd.: Over de cirkels op de oppervl. getrokken. 565*

begrepen bepaald zijn, heeft de derde zijde ook eene bepaalde grootte.

BEWIJS. Men trekke uit L in het vlak PCL, LB loodregt op PC: en uit B, BD loodregt op PC in het vlak PCE; vervolgens in het vlak ECL, DL.

Om dat boog PL gegeven is, is  $\angle PCL$  gegeven: en derhalve zijn LB *sinus* en BC *cosinus* bepaald. In  $\triangle BCD$  is BC bepaald:  $\angle CBD$  regt, en  $\angle PCE$  gegeven om dat  $\frown PE$  gegeven is: derhalve is CD bepaald. In  $\triangle CDL$  zijn gegeven DC, CL, en  $\angle DCL$  om dat  $\frown EL$  bepaald is; derhalve is DL bepaald: gevolgelyk zijn in  $\triangle DBL$ , de drie zijden bepaald: derhalve ook  $\angle DBL$ : maar deze is de maat des klootschen hoeks EPL, die dan ook bepaald is: en zoo voor ieder der hoeken.

Indien alleen de bogen PE, PL gegeven zijn met den hoek EPL: dan zijn in den regtlyngel driehoek DBL, BL en BD en  $\angle DBE$  bepaald: des ook DL: en derhalve in  $\triangle DCL$ , CD, DL, CL: gevolgelyk  $\angle ECL$ : wiens maat is de boog EL.

I. GEVOLG.

Indien dan op de oppervlakte des zelfden kloots twee driehoeken beschreven zijn, waarin de drie zijden gelijk zijn ieder aan ieder: zullen de hoeken die tuschen gelijke zijden begrepen worden ook gelijk zijn: en de driehoeken zijn in alle opzigten gelijk.

St. Kl. Dr. §. 63. — L. G. VII. 14.

II. GEVOLG.

Indien op de oppervlakte van den zelfden klood twee driehoeken beschreven zijn, waarin twee zijden gelijk zijn ieder aan ieder, en de begrepen hoek ook gelijk: is de derde zijde gelijk aan de derde, en dus ook zijn die driehoeken in alle opzigten gelijk.

St. Kl. Dr. §. 59.

III. GEVOLG.

Uit beide die gevolgen wordt nog opgemaakt, dat indien men in eenen gelijkbeenigen driehoek, uit den top, den boog eens grooten cirkels op het midden der overstaande zijde trekt, 1°. die boog daarop loodregt staan zal: 2°. dat de hoeken op die grondzijde in den gelijkbeenigen driehoek gelijk zijn: en omgekeerd.

St. Kl. Dr. §. 60. — L. G. VII. 15.

**XLVIII. VOORSTEL. Fig. 243.**

In alle klootsche driehoeken zijn twee zijden te samen grooter dan de derde: geen zijde, of geen hoek kan van 180 graden zijn; en de drie zijden te samen zijn altijd kleiner dan de geheele omtrek eens cirkels.

L. G. VII. 2 en 4.

BEWIJS voor het I. Uit Bep. XXIX. Gev. en XI. 1.

Voor het II. Indien een der hoeken, bijv.  $\angle P$ , twee rechte bedroeg, was er geen klootsche driehoek meer, maar alleen uit twee bogen een spherisch schuitje; insgelijks indien een der bogen den halven omtrek uitmaakt.

Voor het III. Fig. 244. Om dat  $\angle P + \angle L > \angle E$ , is  
 $\angle P + \angle E + \angle L > \angle E + \angle P + \angle L$   
 d. i.

$$360^\circ > \angle E + \angle P + \angle L.$$

AANMERKING. Men kan wel eenen klootschen driehoek onderstellen, waarin eene zijde grooter zoude zijn dan een halven cirkel, en de daar over staande hoek grooter dan twee rechte: maar dan ware die hoek uitspringend: en de vlakken die denzelven vormen, zouden met het vlak wiens boog is de derde zijde, grooter dan de halve omtrek, aan den anderen kant eenen klootschen driehoek uitmaken, waarin alles volgens dit Voorstel plaats heeft, en wiens hoeken en bogen uit die des gegeven driehoeks bepaald zijn. Zoo dat de eerstgemelde driehoeken, waarin iedere zijde kleiner dan de halve omtrek, en iedere hoek kleiner dan twee rechte is, hier alleen in aanmerking komt.

L. G. VII. 19. *Scholis.*

**XLIX. VOORSTEL.**

In alle klootsche driehoeken staat de grootste hoek over de grootste zijde: en omgekeerd.

BEWIJS. Fig. 245. Zij in  $\triangle ABC$ ,  $\angle A > \angle B$ : maak  $\angle BAL = \angle B$ : dan is  $AL = BL$ : maar  $AL + LC > AC$ : derhalve  $BL + LC$  of  $BC > AC$ .

Indien  $BC > AC$ : is  $\angle BAC > \angle B$ : want ware dezelve gelijk, zoude  $BC = BA$  zijn: en indien  $\angle BAC < \angle B$  zoude  $BC < AC$  zijn: dat beide tegen de onderstelling strijdt.

St. Kl. Dr. §. 66. = L. G. VII. 16.

**L. VOORSTEL.**

De drie hoeken eens klootschen driehoeks zijn te samen kleiner dan zes, en grooter dan twee rechte hoeken.

L. G. VII. 19.

BEWIJS. voor het I. Uit Voorstel XLVIII.

Voor het II. Om dat, uit Voorst. XLIV, ieder klootsche hoek grooter is dan de reghijnige die gemaakt wordt door de choorde zijner bogen, zullen de drie te samen grooter zijn dan de som der drie reghijnige van den driehoek der choorden: en gevolgelyk dan twee rechte hoeken.

● **I. GEVOLG.**

De overmaat der drie hoeken eens klootschen driehoeks boven de som der hoeken in den reghijnigen driehoek der choorden, of boven twee rechte, wordt genoemd *spherisch excès*.

**II. GEVOLG.**

De som der drie hoeken eens klootschen driehoeks heeft dan, in tegendeel van het geen voor de reghijnige plaats heeft, geen bepaalde grootte, en men kan uit twee derzelve de grootte van den derden niet opmaken.

**III. GEVOLG.**

Een klootsche driehoek kan niet alléén éenen stompen of éenen regten hoek bezitten; maar twee, of drie, zoo wel stompe als rechte.

**IV. GEVOLG.**

Indien twee hoeken te samen kleiner zijn dan  $90^\circ$ : is de derde hoek grooter dan  $90^\circ$ .

**XXX. BEPALING.**

Een klootsche driehoek draagt den naam van *regthoekigen* of van *stomphoekigen*, al is maar ééne van deszelfs hoeken regt, of stomp: maar de drie hoeken moeten alle scherp zijn, zal hij den naam van *scherphoekigen* voeren.

**LI. VOORSTEL. Fig. 244.**

Indien men twee zijden [PA, PM] eens klootschen driehoeks [APM] op de oppervlakte eens kloots beschreven, verlengt, zullen zij elkander niet weder ontmoeten, dan wanneer zij, gerekend uit den top [P] des hoeks dien zij bevatten, ieder tot eenen halven omtrek (PAp, PMp) verlengt,



lengd, zich in een ſtip  $[p]$  vereénigen, dat, als een tweede pool vlak over den pool  $[P]$ , top des hoeks, ſtaat. Die aldus verlengde bogen zullen een *sphertisch ſchuitje* uitmaken, dat door de derde zijde  $[AM]$  des gegeven driehoeks, in twee driehoeken verdeeld wordt, die gelijke grondzijden, gelijke tophoeken hebben: en waarin de overige hoeken en de overige zijden in den eenen, respectivelijk de ſupplementen zijn der aangrenzende hoeken; of zijden, in den anderen.

BEWIJS. Uit den aard der zaken en Voorſt. XLIII. Gev.

AANMERKING. Zoo de twee zijden des driehoeks ieder  $90^\circ$ . bevatten: zullen de twee driehoeken die aldus gevormd worden, in alle opzichte gelijk zijn: en de hoeken die door de derde zijde met ieder der twee andere gevormd worden, zullen regt zijn: het geen in andere woorden opgeeft dic

#### GEVOLG.

Indien twee zijden van een' driehoek tot  $90^\circ$ . verlengd worden: zullen die aldus verlengde zijden loodregt ſtaan op den grooten cirkel die door hare uiteinden gaat; en de boog diens grooten cirkels tuſſchen gemelde uiteinden begrepen zal de maat zijn des klootſchen hoeks welke gemelde zijden onderling maken.

St. Kl. Dr. §. 51.

#### LII. VOORSTEL. Fig. 246.

Indien men van een' klootſchen driehoek  $ABC$ , wiens zijden kleiner zijn dan negentig graden, de bogen verlengt tot dat zij, te rekenen van den top des hoeks dien zij vormen, ieder  $90$  graden bedragen, en dan uit den top van iederen hoek, door de uiteinden der aldus verlengde zijden cirkels trekt; zullen die drie cirkels elkander ontmoeten, en eenen nieuwen klootſchen driehoek vormen; waarin de top van iederen hoek de pool zal zijn der tegenoverſtaande zijde in den gegeven driehoek: en de top van iederen hoek van den gegeven driehoek is de pool van de tegenoverſtaande zijde in den nieuw gevormden driehoek.

BEWIJS. Om dat de bogen  $CI$  en  $CH$  ieder  $90$  graden bedragen, is  $C$  de pool des cirkels  $MIHN$  en ſtaat  $90^\circ$ . van  $M$  en van  $N$  af.

Om de zelfde rede is  $B$  de pool van den boog  $MDEO$ : en derhalve ſtaat  $B$   $90^\circ$ . van  $M$  en van  $N$  af. Maar  $M$  ſtaat ook  $90$  gr. van  $C$ : derhalve is  $M$  de pool van den boog  $BC$ , of  $ECBH$ .

Op de zelfde wijze wordt bewezen dat  $A$  de pool is van den boog  $OFGN$ :  $O$  de pool van boog  $AB$ : en  $N$  de pool van  $AC$ : waaruit het Voorſtel volgt.

XXXI.

### XXXI. BEPALING.

De driehoek, beschreven op de wijze in het voorgaande Voorstel aangeduid, wordt *pool-driehoek*, en ook *supplement-driehoek* van den gegeven driehoek genoemd.

AANMERKING. De reden, waarom die driehoek *pool-driehoek* genoemd wordt, blijkt uit het voorgaande Voorstel: het volgende zal de reden van den naam *supplement-driehoek* doen zien.

### LIII. VOORSTEL.

In den *pool-driehoek* [MON] van eenen gegeven driehoek, zijn de zijden de supplementen van de overstaande hoeken in den gegeven driehoek: en de hoeken de supplementen van de zijden.

BEWIJS van het I.  $\angle DG$  is de maat van den hoek O;  $\angle HE$  die van den hoek M;  $\angle IF$  die van den hoek N.

Maar  $\angle DG = \angle DB + \angle BG = 90^\circ + 90^\circ = \angle AB = \angle O = 180^\circ - \angle A$ :  
 insgelijks  $\angle HE = \angle M = 180^\circ - \angle B$ :  
 $\angle IF = \angle N = 180^\circ - \angle C$ .

BEWIJS van het II.  $\angle MN = \angle MH + \angle HN = 90^\circ + 90^\circ = \angle IH = 180^\circ - \angle C$ .  
 insgelijks  $\angle NO = 180^\circ - \angle A$ :  
 en  $\angle MO = 180^\circ - \angle B$ .

### I. GEVOLG.

Indien in eenen kloatschen driehoek ACB, eene zijde AB bepaald is, en de hoeken B en A aan die zijde grenzende eene bepaalde grootte hebben: is ook de derde hoek bepaald.

BEWIJS. Want dan zijn in den supplementairen driehoek MNO, bepaald  $\angle O$ , zijde ON en zijde OM: en dus (Voorstel XLVII) zijde ME; gevolglijk ook  $\angle C$ .

### II. GEVOLG.

Zoo dan in twee driehoeken eene zijde gelijk is aan eene zijde, en de twee hoeken aan die zijde grenzende ook gelijk zijn, ieder aan ieder, is de derde hoek gelijk aan den derden, en de driehoeken zijn in alle opzichten gelijk.

St. Kl. Dr. §. 64. — L. G. VII. 13.

AANMERKING. Dit Voorstel is hier zoo algemeen niet als voor de regtlouge driehoeken: want daar heeft het plaats al zijn de gegeven hoeken aan de gegeven zijde niet aangrenzende. De reden blijkt uit den aard der beide soorten van driehoeken.

### LIV. VOORSTEL.

Wanneer drie groote cirkels op de oppervlakte eens kloats  
 Pp ge-

getrokken worden, verdeelen derzelver omtrekken door hunne ontmoetingen de oppervlakte des kloots in agt klootsche driehoeken, welke twee aan twee genomen, aan elkander gelijk zullen zijn: die namelijk welke door de verlenging van twee zijden die eenen hoek maken wiens top als pool beschouwd wordt, aan den kant van den tweeden pool gevormd worden.

I. AANMERKING. Dit kan naauwelijks met genoegzame duidelijkheid op eene platte figuur aangewezen worden: maar valt van zelf in het oog als men die cirkels op de oppervlakte eens kloots trekt: en men kan het zelfs zonder figuur uit den aard der zaken nagaan.

II. AANMERKING. Wanneer men van die acht driehoeken, er twee neemt, die aan elkander grenzen: maken zij te samen een spherisch schuitje: en zijn derhalve in het geval van het voorgaande Voorstel.

#### GEVOLG.

Wanneer twee groote cirkels elkander regthoekig snijden: en uit het middelpunt een vlak loodregt op de gemeene *as*, of sneede, dier twee cirkels getogen wordt: is de oppervlakte des kloots door deze drie cirkels, in acht gelijke driehoeken verdeeld, die ieder drie regte hoeken bezitten, uit gelijke bogen bestaan, ieder een vierde des omtreks bedragende, en op de oppervlakte acht gelijke deelen beperken.

III. AANMERKING. Gelijk de regte hoek, als maat der hoeken genomen wordt, kan zoodanige spherische driehoek ook als maat van den inhoud des kloots, en de spherische oppervlakte van zoodanigen driehoek als maat van de oppervlakte des kloots gehouden worden.

VI. AANMERKING. Zoodanige ligchamelijke regte hoek, in het middelpunt des kloots gevormd, en op de oppervlakte des kloots een achtste gedeelte van dezelve afperkende, zoude dus voor eenheid aangenomen kunnen worden; en zoo men, naar analogie met het geen voor vlakke regte hoeken plaats heeft, zich verbeeldde dat dezelve, of liever, dat het gedeelte der oppervlakte daar door afgepast, 90 deelen, onder den naam van *graden van oppervlakte* bevat; zoude de geheele oppervlakte eens kloots uit 720 zoodanige graden van oppervlakte bestaan; welke graden van oppervlakte in verschillende sferen tot elkanderen staan zullen in verdubbelde rede der *radii* van dezelve. Zie, hier onder, Voorstel LVI. Aanm. 1.

#### LV. VOORSTEL. Fig. 244.

Indien twee groote cirkels *PMP*, *AMa*, op de oppervlakte

V. Afd.: Over de cirkels op de oppervl. eens kloats getr. 571

vlakke eens halven kloats  $MA P a p A P$  getrokken, elkander snijden: zullen de oppervlakten der twee, in den top  $M$  tegen elkander overstaande driehoeken  $AMP$  en  $pMa$  die zij vormen, te samen gelijk zijn aan de oppervlakte van het *spherisch schuitje* waarvan  $M$  de hoek is.

L. G. VII. 22.

**BEWIJS.** Indien men de bogen  $Mp$ ,  $Ma$  verlengt, zullen zij elkander in eenig stip  $m$  ontmoeten, wanneer zij tot eenen halven omtrek verlengd zullen zijn; welk stip  $m$ , vallende aan de andere zijde des cirkels  $APapA$  die den halven kloat, waarop de driehoeken  $AMP$  en  $aMp$  getrokken zijn, beperkt, de pool zijn zal die vlak over den pool  $M$  staat: en de driehoek  $pMa$ , die op de tweede halve oppervlakte gevormd wordt, zal in alle opzigten gelijk zijn aan den driehoek  $AMP$  (Voorst. LIV.): waaruit volgt dat de beide driehoeken  $AMP$  en  $aMp$  te samen gelijke oppervlakten hebben als het schuitje waarvan  $M$  de hoek is.

LVI. VOORSTEL. Fig. 245.

De oppervlakte van een' kloatschen driehoek  $[ABC]$  staat tot dien van den geheelen kloat, als de som der drie kloatsche hoeken van den driehoek, *mis* twee rechte hoeken, tot acht rechte hoeken.

L. G. VII. 23. — D. G. §. 930.

**BEREIDING** Men verlengde de bogen  $AB$ ,  $BC$ ,  $AC$ , tot dat zij den grooten cirkel  $HGFEDI$  ontmoeten.

**BEWIJS.** Men drukke de oppervlakte des kloats uit door de Grieksche letter ( $\Omega$ ) genoemd *omega* of lange  $O$ .

Oppervl. schuitje waarvan  $A$  de hoek is:  $\Omega = \angle A : 4 L$  } Voorst.  
 ————— waarvan  $B$  de hoek is:  $\Omega = \angle B : 4 L$  } XLVI.  
 ————— waarvan  $C$  de hoek is:  $\Omega = \angle C : 4 L$

derhalve

som der 3 schuitjes:  $\Omega = \angle A + \angle B + \angle C : 4 L$

maar door Voorst. LV is

schuitje waarvan  $\angle A \propto \triangle DAE + \triangle HAG$

—————  $\angle B \propto \triangle GBF + \triangle IBD$

—————  $\angle C \propto \triangle HCI + \triangle FCE$

Maar  $\triangle DAE + \triangle AHG \propto \triangle HAG + \text{fig. } BCED + \triangle ABC$

$\triangle GBF + \triangle IBD \propto \triangle IBD + \text{fig. } ACFG + \triangle ABC$

$\triangle HCI + \triangle FCE \propto \triangle FCE + \text{fig. } HABI + \triangle ABC$

welke som klaarblijkelijk de halve oppervlakte des kloats uitmaakt met tweemaal den  $\triangle ABC$ .

Gevolgelijk is de som der drie schuitjes gelijk aan de halve oppervlakte des kloats *plus* 2  $\triangle ABC$ ; derhalve

572 *XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.*

$$\frac{1}{2} \Omega + 2 \Delta ABC: \angle A + \angle B + \angle C = \Omega: 4 L \text{ en}$$

$$\frac{1}{2} \Omega \times 4 L + 2 \Delta ABC \times 4 L = \Omega, (\angle A + \angle B + \angle C)$$

$$\text{en } \Delta ABC = \frac{\Omega \times (\angle A + \angle B + \angle C - 2 L)}{8 L}: \text{ of}$$

$$\text{oppervl. } \Delta ABC: \Omega = \angle A + \angle B + \angle C - 2 L: 8 L.$$

**I. AANMERKING.** Dit Voorstel is, in kragt, reeds opgegeven door ALBERT GIRARD (*Iny. novy. en Algèbre*) en in deze bewoordingen bevat. „Een klootsche driehoek uit drie bogen van groote cirkels bestaande, bevat zoo vele graden van oppervlakte, als in de overmaat der som van de drie hoeken boven twee rechte bevat zijn.” Hij verdeelt namelijk de geheele oppervlakte des kloots in 720 deelen die hij graden van oppervlakte noemt: zie boven Voorstel LIV. Aanm. 4.

$$\text{II. AANMERKING. } \Delta ABC = \frac{\Omega \cdot (\angle A + \angle B + \angle C - 2 L)}{8 L} =$$

(door Voorstel XLVII. en VII. 14. Gev. 1.)

$$= \frac{4 \pi \cdot r^2 (\angle A + \angle B + \angle C - 2 L)}{720^\circ}$$

$$= \frac{\pi \cdot r^2 (\angle A + \angle B + \angle C - 2 L)}{180^\circ} = (\text{VII. 19. AANM. 4.})$$

$$= \frac{r^2 \times 3.14159265 (\angle A + \angle B + \angle C - 180^\circ)}{648000''} =$$

(VIII. 10. Gev. 2.)  $= r^2 \sin. 1'' \cdot (\angle A + \angle B + \angle C - 180^\circ)$ : waar door de oppervlakte eens klootschen driehoeks uitgedrukt wordt in gedeelten van het vierkant des *radius*. DELAMARE *Abbrégé d'Astronomie*, *Leçon IV. §. 74.*

$$\text{III. AANMERKING. Uit } \Delta ABC = \frac{\pi \cdot r^2 (\angle A + \angle B + \angle C - 2 L)}{180^\circ}$$

wordt afgeleid

$$\angle A + \angle B + \angle C - 2 L = \frac{\Delta ABC \times 180^\circ}{\pi \cdot r^2}: \text{ daar nu (Voorst. L. Gev. 1.) } \angle A + \angle B + \angle C - 2 L \text{ is het geen men } \textit{spherisch excès}$$

noemt; blijkt het dat het *spherisch excès* in een' driehoek, op eenen bepaalden kloon beschreven, door de oppervlakte van dien driehoek wordt uitgedrukt.

### XXXII. BEPALING.

Wanneer meer dan drie groote cirkels elkander op de oppervlakte van

**V. Afd.: Over de cirkels op de oppervl. eens kloots getr. 573**

van den kloon snijden, wordt het gedeelte der oppervlakte, dat zij door hunne ontmoetingen asperken, *spherische veelhoek* genoemd.

L. G. VII. def. 8.

**XXXIII. BEPALING.**

Wanneer men door het middelpunt des kloots en door de bogen eens spherischen veelhoeks vlakken laat gaan, welke door die bogen zelve op de oppervlakte beperkt worden, draagt het ligchaam aldus gevormd den naam van *spherische pyramide*: haar grondvlak is de klootsche veelhoek, door de vlakken zelve afgeperkt.

L. G. VII. def. 11.

**LVII. VOORSTEL.**

Alle de bogen die eenen spherischen veelhoek op de oppervlakte eens kloots beperken, zijn te samen genomen kleiner dan de omtrek eens grooten cirkels.

L. G. VII. 5.

**Bewijs** Immers alle de vlakke hoeken welke de spherische pyramide uitmaken zijn te samen kleiner dan vier rechte hoeken (XI. 2.): dus zijn ook de bogen die de maat van ieder dezer hoeken uitmaken, dat is de bogen, of zijden, des spherischen veelhoeks te samen kleiner dan de boog maat van vier rechte hoeken, dat is dan de omtrek eens grooten cirkels.

**LVIII. VOORSTEL.**

De oppervlakte van een' spherischen veelhoek heeft tot maat, de som van de hoeken des veelhoeks *min* zoo veel malen twee rechte hoeken, als de veelhoek zijden heeft *min* twee.

L. G. VII. 24.

**Bewijs.** Immers met cirkel-vlakken door het middelpunt des kloots en de over elkander staande hoeken des spherischen veelhoeks, te laten gaan, wordt die veelhoek in zoo vele klootsche driehoeken verdeeld als de veelhoek zijden heeft *min* twee; in iederen klootschen driehoek nu is (Voorstel LVI.) de maat der oppervlakte de som der hoeken *min* twee rechte hoeken: derhalve is de maat der oppervlakte van den spherischen veelhoek de som van de oppervlakten in dezer driehoeken; dat is de som van de hoeken des veelhoeks *min* tweemaal zoo veel rechte hoeken als er zijden zijn *min* twee.

**574 XII. Boek: Over de ligch. fig. met kromme oppervl.**

**AANMERKING.** Indien  $s$  de som der hoeken van den kloo-  
schen veelhoek en  $g$  het getal der zijden uitdrukt: en de  
eenheid voor den regten hoek wordt aangenomen: wordt  
de maat van den veelhoek uitgedrukt door  $s - 2 (g - 2)$ ,  
of  $s - 2g + 4$ .

---

# **A A N H A N G S E L.**

**Pp 4**



# I N H O U D.

- I. HOOFDSTUK. Bijvoegfel op het III. Gevolg van het XX. Voorftel des II. Boeks.
- II. HOOFDSTUK. Over het worteltrekken uit getallen, en de formules om eene grootheid tot magten te verheffen.
- I. Over den quadraat-wortel.
  - II. Over den cubiek-wortel.
  - III. Over de algemeene formule om tot magten te verheffen.
- III. HOOFDSTUK. Over het vinden van Logarithmen door reekfen.
- IV. HOOFDSTUK. Over de uitdrukking van Goniometrifche lijnen, en van bogen des cirkels door reekfen.
- I. AFDEELING. Uitdrukkingen van *finus* en *co-finus* door reekfen.
  - II. AFDEELING. Uitdrukking van cirkel-bogen door reekfen.
- V. HOOFDSTUK. Den grootften *cubus* te bepalen dien men door een' gegeven *cubus* kan laten doorgaan.

# A A N H A N G S E L.

---

**I**k ben voornemens, in dit Aanhangfel, sommige bijvoegfels op eenige voorstellen voortedragen; gelijk mede zoodanige *formules* betreffende de worteltrekking, de verheffing tot magten, of de uitdrukking van Logarithmen en van Goniometrische lijnen, die niet wel in de Meerkunde zelve, waar toe zij minder behooren, ingelascht konden worden, gelijk ik op meer dan eene plaats heb opgegeven: ik zal de verschillende zaken onder verschillende hoofdstukken rangschikken.

## I. H O O F D S T U K.

### BIJVOEGSEL OP HET III. GEVOLG VAN HET XX. VOORSTEL DES TWEEDEN BOEKS.

In het derde Gevolg des XX. Voorstels van het II. Boek, hebben wij gezien, hoe daaruit, dat is uit het Voorstel van PAPPUS, het XIX. Voorstel deszelven Boeks kan worden afgeleid: maar tevens doen opmerken dat, het bewijs door CASTILLON gegeven, en daar ter plaatse aangevoerd, de kennis der gelijkvormige driehoeken vereischt: het geen mij in de III. Aanmerking N<sup>o</sup>. 4. heeft doen zeggen, „dat men „het XIX. Voorstel uit het Voorstel van PAPPUS niet kan „afleiden, zonder de leer der gelijkvormige driehoeken en „der evenredige lijnen interoeopen.” Dit was te voorbarig: ik had in het bewijs van CASTILLON berust, zonder de zaak verder nategaan. De Heer PIETER ALBERTUS MUNK heeft mij daaromrent voorgelicht; en het bewijs volbragt, zonder de leer der gelijkvormige driehoeken noodig te hebben, alleen door die zaken, welke in het tweede Boek zelf bevat zijn. Het is van belang, dat ik deze mijne feil verbeterde en het bewijs des Heeren MUNK opgeve.

Men hervatte dan het bewijs tot N<sup>o</sup>. II. toe, alwaar wij het zelve op bl. 71. hebben afgebroken, te weten tot (fig. 72, 73.)

II.  $\square$  op  $AC \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $BC \pm$  [Rh. uit  $AB$  en  $BS \pm$  Rh. uit  $BC$  en  $BT$ ]. en gaa aldus voort.

In  $\triangle ACS$  en  $ACT$  is  $\square$  op  $AC \propto \square$  op  $AS + \square$  op  $SC \propto \square$  op  $AT + \square$  op  $TC$ : maar  
 $\square$  op  $SC \propto \square$  op  $BC - \square$  op  $BS$ : en  $\square$  op  $AT \propto \square$  op  $AB - \square$  op  $BT$ : stellende deze waardijen in het voorgaande, komt,

III.  $\square$  op  $AS + \square$  op  $BC - \square$  op  $BS \propto \square$  op  $TC + \square$  op  $AB - \square$  op  $BT$   
 waaruit volgt

$[\square$  op  $BC - \square$  op  $TC] + \square$  op  $BT \propto [\square$  op  $AB - \square$  op  $AS] + \square$  op  $BS$ .

Nu is voor den scherphoekigen  $\triangle ABC$  in fig. 73.

$\square$  op  $BC - \square$  op  $TC \propto \square$  op  $BT +$   
 $2$  Rh. uit  $BT \cdot CT$   
 en  $\square$  op  $AB - \square$  op  $AS \propto \square$  op  $SB +$   
 $2$  Rh. uit  $AS \cdot SB$  } II. 3 Gev. 2.

waaruit volgt

$2 \square$  op  $BT + 2$  Rh. uit  $BT \cdot CT \propto 2 \square$  op  $BS + 2$  Rh. uit  $AS \cdot SB$

derhalve

Rh. uit  $BT$  en  $[BT + CT] \propto$  Rh. uit  $BS$  en  $[AS + SB]$   
 d. 1.

Rh. uit  $BT$  en  $BC \propto$  Rh. uit  $SB$  en  $AB$ :

Dit gesteld in N°. II. geeft

$\square$  op  $AC \propto \square$  op  $AB + \square$  op  $BC - 2$  Rh. uit  $AB \cdot BS$   
 het geen voor den scherphoekigen driehoek het XIX. Voorstel is.

IV. Om nu het zelfde voor den stomphoekigen driehoek  $ABC$  in Fig. 72. te bewijzen, hervatte men N°. III, te weten

$[\square$  op  $AS - \square$  op  $BS] + \square$  op  $BC \propto [\square$  op  $TC - \square$  op  $BT] + \square$  op  $AB$   
 en gaa dus voort.

Maar  $\square$  op  $AS - \square$  op  $BS \propto \square$  op  $AB + 2$  Rh. uit  $AB \cdot BS$

$\square$  op  $TC - \square$  op  $BT \propto \square$  op  $BC + 2$  Rh. uit  $BC \cdot BT$

het geen in N°. III. gesteld geeft

$\square$  op  $AB + 2$  Rh. uit  $AB \cdot BS + \square$  op  $BC \propto \square$  op  $BC + 2$  Rh. uit  $BC \cdot BT + \square$  op  $AB$   
 waar-

waaruit volgt

Rh. uit AB . BS  $\propto$  Rh. uit BC . BT:

en dit in N°. II. gesteld geeft:

$\square$  op AC  $\propto$   $\square$  op AB  $+$   $\square$  op BC  $+$  2 Rh. uit AB . BS: het geen, voor den stomphoekigen driehoek, het XIX. Voorstel oplevert.

De toepassing van het Theorema van PAPPUS op het XIX. Voorstel, is derhalve door dit eenvoudig bewijs vollediger geworden dan door het bewijs van CASTILLON: en de Aanmerking N°. 4. welke ik gemaakt had is ongegrond; maar de vier overige blijven in hare volle waarde.

## II. HOOFDSTUK.

### OVER DE WORTEL TREKKING UIT GETALLEN EN DE FORMULES OM EENE GROOTHEID TOT MAGTEN TE VERHEFFEN.

§. 1. Wij hebben in de I., V. en VI. Aanmerking op het III. Voorstel van het II. Boek, en in het II. Gevolg van het XIV. Voorstel van het XI. Boek de grondbeginsels opgegeven, waarop de regels gevestigd zijn, welke men tot de worteltrekking uit getallen gebruikt: wij oordeelen het niet ondienstig thans aantoonen hoe die regels, in de daad, uit de gemelde grondbeginsels worden afgeleid.

Den *Quaadraat- of Cubiek-wortel* uit een getal te trekken, is, het getal te vinden dat, door zich zelf eens of twee malen vermenigvuldigd, wederom het gegeven getal oplevert.

Het getal, dat de wortel is, kan begrepen worden uit zoo vele deelen te bestaan als het cijffer-letters heeft: dus bij voorbeeld bestaat 376 uit drie deelen 300, 70, en 6: of uit 3, 7, 6, wel verstaande, dat in het laatste geval ieder cijffer eene tien-vondige waarde verkrijgt wanneer men eene andere cijffer ter regte zijde van dezelve plaatst.

De regel nu bestaat uit twee deelen: vooreerst het bepalen van het getal der cijfferletters die den wortel uitmaken: en dan het vinden van ieder dier cijffers in het bijzonder.

#### I. Over den QUADRAATWORTEL.

§. 2. De Quaadraat-wortels van alle de getallen tuschen 1 en 100 bestaan uit ééne cijfferletter: die van de getallen  
tus-

tusfchen 100 en 10,000 uit twee: die van de getallen tusfchen 10,000 en 1,000,000 uit drie en zoo voorts; zoo dat men altoos weten kan uit hoe vele letters de Quadraat-wortel van een gegeven getal bestaan zal. Men behoeft slechts, van de regter hand te beginnen, het gegeven getal in sneden, ieder van twee cijfferletters, te verdeelen; en dus, indien het getal dier cijfferletters oneven is, zal de laatste snede slechts uit ééne cijfferletter bestaan. De wortel zal zoo vele cijfferletters (en derhalve deelen) hebben, als er sneden gemaakt zijn.

Ieder paar cijfferletters in het gegeven getal geeft dus ééne cijfferletter vóór den wortel; en iedere snede heeft in het getal eene honderdvoudige waarde met betrekking tot de volgende; zoo als ook iedere letter van den wortel eene tien-voudige waarde heeft met betrekking tot hare volgende (\*).

§. 3. Om nu den wortel uit een gegeven getal te trekken, heeft men slechts te letten op de uitdrukking  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 = a^2 + (2a + b)b$ , en het gegeven getal met dezelve te vergelijken.

Ik wil bijv. den Quadraat wortel uit 1764. trekken: ik deel het getal in sneden van twee letters aldus 17 | 64: waar door ik weet dat de wortel uit twee letters zal bestaan, waarvan ik de eene met  $a$ , de andere met  $b$  zal vergelijken.

Ik vergelijk dus 17 | 64 met  $a^2 + 2ab + b^2$  en wel 17, (dat is hier 1700), met  $a^2$ . Het vierkant dat het naast aan 17 (of 1700) komt is 16 (of 1600), waarvan de wortel is 4 (of 40): ik stel dus 4 (dat is 40)  $= a$ , voor het eerste gedeelte van den wortel: ik trek het quadraat 16 (of 1600) van 17 | 64 af; de rest 64 zal nu gelijk zijn aan  $2ab + b^2 = (2a + b)b$ . Ik neem het dubbeld van 4 (of 40) dat is 8 (of 80) welke ik dus vergelijk met 2  $a$ : ik deel door hetzelfde 16 (of 160) dat is 2  $ab$ : en het quotient 2 is *waarschijnlijk* de tweede letter van den wortel, of  $b$ ; want  $\frac{2ab}{2a} = b$ . Ik stel dus de 2 naast de

8,

(\*) Bijv. In het getal 17 | 64: is de eerste snede, in zich zelve beschouwd 17, en de tweede 64: doch zoo ik de eerste met de tweede vergelijk, is de eerste met betrekking tot de tweede niet 17, maar 1700, dus honderdmaal meer dan in het afgetrokkene. Insgelijks in den wortel 42 is de eerste cijffer in het afgetrokkene, of op zich zelf beschouwd, 4: de tweede is 2: doch zoo ik de eerste met de tweede vergelijk, wordt die eerste 40, of krijgt eene tiendubbelde waarde.

8, dat is, ik voeg de 2 bij de 80: of ik neem  $2a + b$ : ik multipliceer 82 door 2 (dat is  $(2a + b)$  door  $b$ ): ik verkrijg 164 die ik met  $2ab + b^2$  vergelijk: en daar dit product gelijk is aan de rest 164, blijft er na de aftrekking niets over: en dus is 42 de wortel van 1764. Zie hier de geheele bewerking in orde gesteld.

getal	wortel
17   64	{ $\frac{42}{82}$
16	
1   64	2
1   64	164
0	

§. 4. Ik heb gezegd dat 2 *waarschijnlijk* de tweede letter van den wortel is: want indien  $82 \times 2$  grooter ware geweest dan de rest 164; zoude men daaruit gezien hebben dat 2 te groot is, en men hadt voor 2 eene kleinere cijffer moeten gebruiken.

§. 5. Wanneer de wortel uit drie of meerder cijfferletters bestaat, gaat men op de zelfde wijze te werk, en men beschouwt, om de derde letter te vinden, de twee eerste letters als maar ééne uitmakende, volgens de uitdrukking  $(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2(a + b)c + 2ac + 2bc$ . Wanneer nu de twee eerste gevonden zijn, is het deel  $a^2 + b^2$  afgehandeld, en de overige cijffers van het gegeven getal zijn gelijk aan  $2(a + b)c + c^2$ . Om de vierde letter te vinden beschouwt men de drie eerste als ééne letter uitmakende, en men gaat altijd zoo voort.

#### REGEL.

§. 6. I. Deel het gegeven getal (bij voorb. 488601) in sneden ieder uit twee letters bestaande, beginnende aan de rechterhand (48 | 86 | 01).

II. Neem het kwadraat (36) dat het naast aan het getal (48) van de eerste snede komt; trek het van die snede af, en teeken de rest (12) aan. De wortel (6) van dat kwadraat is de gezochte cijffer van den wortel.

III. Stel de cijffers van de volgende snede (86) naast de rest, en beschouw dit getal (1286) als één getal.

IV. Neem het dubbeld (12) van de gevonden letter (6) des wor-

wortels: divideer daar door het getal N°. III. de laatste cijffer niet mede rekenende (dus hier 128): merk het quotient (9) aan als de nieuwe cijffer van den wortel.

V. Stel het zelfde quotient (9) naast het dubbeld getal N°. IV: multipliceer dan dat getal (129), als één getal beschouwd, door dat quotient, of die nieuwe cijffer van den wortel (9): trek het product (1161) van de rest N°. III. af, en teken de rest (125) aan.

VI. Zoo er nog meerder letters in het gegeven getal zijn, stelt men de volgende snede (hier 01) naast de gemelde rest (125), en men beschouwt dit getal als één getal (12501).

VII. Vervolgens beschouwt men de reeds gevonden letters (69) van den wortel als ééne letter, en men gaat volgens N°. IV, V, en VI. voort, tot dat men alle de sneden van het gegeven getal uitgewerkt heeft. Zoo er dan geen *rest* over blijft, is het gegeven getal een quadrat getal, waarvan het gevonden getal de wortel is.

VIII. Zoo er een *rest* over blijft, stelt men zoo veel paren nullen naast die *rest* als men in den wortel decimale letters tot nadering wil gebruiken, en men ziet ieder paar aan als eene nieuwe snede van het gegeven getal, dat men uitwerkt volgens N°. IV, V, en VI.

IX. Wanneer men eene breuk heeft, (bijv.  $\frac{16}{81}$ ) neemt men afzonderlijk de wortels van den teller en van den noemer en maakt van dezen eene breuk ( $\frac{4}{3}$ ) die de gevraagde wortel is: of men brengt (zoo de teller en noemer geen quadrat getallen zijn) de breuk tot eene decimale breuk, waaruit men den wortel trekt.

§. 7. Zie hier drie uitgewerkte voorbeelden.

I. Den wortel te trekken uit 488601.

$$\begin{array}{r|l}
 48 & 86101 \\
 \hline
 36 & \\
 \hline
 12 & 86 \\
 11 & 61 \\
 \hline
 & 12501 \\
 & 12501 \\
 \hline
 & 0
 \end{array}
 \quad
 \left\{
 \begin{array}{r}
 699 \\
 \hline
 129 \quad 1389 \\
 \hline
 9 \quad 9 \\
 \hline
 1161 \quad 12501
 \end{array}
 \right.$$

De wortel is 699.

II. Den wortel te trekken uit 300

$$\begin{array}{r}
 3 \ 1 \ 00 \\
 \underline{1} \\
 200 \\
 \underline{189} \\
 11 \ 00 \\
 \underline{10 \ 29} \\
 71 \ 00 \\
 \underline{69 \ 24} \\
 176 \ 00 \\
 \underline{176 \ 0000} \\
 1732025 \\
 \underline{27975}
 \end{array}
 \quad
 \left\{
 \begin{array}{l}
 17.3205 \\
 \hline
 27 \quad 343 \quad 3462 \\
 \hline
 7 \quad 3 \quad .2 \\
 \hline
 189 \quad 1029 \quad 6924 \\
 \hline
 346405 \\
 \hline
 5 \\
 \hline
 1732025
 \end{array}
 \right.$$

De wortel is ten naasten bij  
17. 3205

III. Den wortel te trekken uit 0.273: dat is nlt.  $\frac{273}{1000}$ ; daar de noemer geen kwadraat getal is, multiplceer ik door 10, en de breuk wordt  $\frac{2730}{10000}$  (\*); dus zal de noemer van den wortel 100 zijn, dat is, men krijgt honderdste gedeelten: trekkende den wortel uit 2730, heeft men

$$\begin{array}{r}
 27 \mid 30 \\
 \underline{25} \\
 2 \mid 30 \\
 \underline{2} \\
 2 \mid 04 \\
 \underline{2600} \\
 2084 \\
 \underline{516}
 \end{array}
 \quad
 \left\{
 \begin{array}{l}
 0.522 \text{ enz.} \\
 \hline
 102 \mid 1042 \\
 \hline
 2 \mid 2 \\
 \hline
 204 \mid 2084
 \end{array}
 \right.$$

Dus is de wortel grooter dan 0.52, of dan 0.522; en men kan al verder voortgaande zoo na komen als men wil.

II.

(\*) Men moet altijd, zoo noodig, de gegeven breuk met zoo vele nullen aanvullen als vereischt wordt, op dat de noemer (die in decimale breuken niet opgegeven, maar onderkeld wordt, en gemakkelijk valt optemaken) een kwadraat getal zij: dat is 1 met een oneven getal nullen: d. i. zoo de gegeven breuk uit een oneven getal cijferletters bestaat, moet er ééne nul bijgevoegd worden: bijv. zij het getal 0.07891; ik voeg ééne nul bij, om te hebben 0.078910: en de noemer wordt 1,000,000: waarvan de wortel is 1000. Men behandelt dan den teller, of de gegeven breuk met de aangevulde nullen (hier 78910), als een geheel getal, waaruit men den wortel, juist, of bij nadering, trekt.



## II. Over den CUBIEKWORTEL.

§. 8. De cubiekwortels van alle de getallen tusfchen 1 en 1000 bestaan uit ééne cijfferletter: van de getallen tusfchen 1,000 en 1,000,000 uit twee cijfferletters: van de getallen tusfchen 1000,000 en 1,000,000,000 uit drie cijfferletters, en zoo voorts; zoo dat men altoos weten kan uit hoe vele letters de cubiek-wortel van een gegeven getal bestaan zal: men moet slechts, van de rechterhand te beginnen, het getal in sneden afdeelen ieder van 3 letters: en dus, indien het getal cijfferletters in het gegeven getal niet door drie deelbaar is, zal de laatste snede (die aan de linkerhand) maar ééne of twee cijffers bevatten.

Ieder drietal cijfferletters in het getal geeft dus ééne cijfferletter voor den wortel: en iedere snede heeft in het getal eene duizendvoudige waarde met betrekking tot de volgende; zoo als iedere letter van den wortel eene tienvoudige waarde heeft met betrekking tot de volgende cijffer.

§. 9. Om nu den cubiek-wortel uit een gegeven getal te trekken behoeft men slechts te letten op de uitdrukking (Xl. 14. Gev. 2.)  $a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 = (a + b)^3$ ; en het gegeven getal daar mede te vergelijken.

Ik begeer den cubiek-wortel uit 74,088 te trekken. Ik deel dat getal in sneden, aldus 74 | 088, waar door ik weet dat de wortel uit twee letters zal bestaan, waarvan ik de eene met  $a$  de andere met  $b$  zal vergelijken.

Ik vergelijk dus ook 74 | 088 met  $a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3$ : én wel 74 (of hier 74 000) met  $a^3$ . Het cubiek-getal dat het naast aan 74 komt is 64 (\*) of hier 64 000), waarvan de wortel 4 (of 40) de eerste letter is van den gezochten wortel: ik trek dat cubiek-getal van 74 | 088 af: de rest is 10 088, die gelijk is aan  $3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3$ . Ik neem het quadraat van de reeds gevonden letter 4 (of 40), dat is 16 (of 1600): ik multipliceer het door 3, en krijg 48 (of 4800) welk getal ik dus vergelijk met  $3 a^2$ : ik deel 100 door die 48 (of 10088 door 4800) en verkrijg tot quotient 2, die *waarschijnlijk* de tweede let-

(\*) Men dient een tafeltje voor oogen te hebben van de cubi der 10 eerste getallen: zie hier hetzelfde

cubi	1	8	27	64	125	216	343	512	729	1000.
wortels	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

letter van den gezochten wortel is, om dat  $\frac{3 a^2 b}{3 a^3} = b$ .

Ik stel dus 2 naast de eerste letter en heb 42.

Ik multipliceer het drievoudig quadraat van de eerste letter, hier 48, door de tweede letter; het product is 96 (of 9600 =  $3 a^2 b$ ): ik multipliceer het drievoudig quadraat 12 van de tweede letter 2 door de eerste letter 4: het product is 48 (of 480 =  $3 a b^2$ ): ik neem den *cubus* van de tweede letter 2; dezelve is 8 =  $b^3$ : ik addeer die drie producten (96, 48, 8) te samen, wel lettende van het tweede (beginnende aan de rechterhand), eene letter verder naar (\*) de rechterhand te plaatsen dan het eerste, het derde eene letter meer naar de rechterhand dan het tweede (†): de som 10088 is =  $3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3$ .

Ik trek die som van de gegeven rest af, en zie dat er niets overig blijft: waaruit ik besluit dat 42 de gezochte wortel is. Zie hier de bewerking

$$\begin{array}{r|l}
 74 & 088 \\
 94 & \\
 \hline
 10 & 088 \\
 10 & 088 \\
 \hline
 0 & \\
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{r}
 42 \\
 \hline
 16 \quad 4 \quad 8 \\
 3 \quad 3 \\
 48 \quad 12 \\
 2 \quad 4 \\
 96 \quad 48 \\
 48 \\
 8 \\
 \hline
 10088
 \end{array}
 \right.$$

§. 10. Ik heb gezegd dat 2 *waarschijnlijk* de tweede letter van den wortel zijn moest: want indien de gemelde producten en *cubus* te samen grooter geweest waren dan de

(\*) Immers, is die 96 eigenlijk 9600, en de 48 maar 480: of, in het algemeen, daar de eerste letter eene tienvoudige waarde heeft van het geen zij in het afgetrokken schijnt te hebben, zal het quadraat van die letter eene tienvoudige waarde bezitten ten opzichte van het product dier eerste letter door het quadraat van de tweede gemultipliceerd.

(†) Immers is de 48 eigenlijk 480: in het algemeen daar de eerste letter in de daad eene tienvoudige waarde bezit, heeft ook het product van die letter door het quadraat van de tweede eene tienvoudige waarde met betrekking tot het product van het zelfde quadraat door die tweede letter, dat is tot den *cubus* van de tweede letter.

de rest 10 088, zoude het een teeken zijn dat 2 te groot is voor de tweede letter, en ik zoude een kleiner getal moeten gebruiken.

§. 11. Indien de wortel uit drie of meerder letters bestaat, gaat men op den zelfden voet voort, en men beschouwt de reeds gevondene letters als één getal, volgens de uitdrukking  $(a + b + c)^3 = (a + b)^3 + 3(a + b)^2 \times c + 3(a + b)c^2 + c^3$ ; en insgelijks voor de vierde, vijfde letter enz.: waaruit deze regel afgeleid wordt, welke wij tevens op een voorbeeld zullen toepassen.

#### REGEL.

§. 12. I. Deel het gegeven getal (5,268,024), beginnende aan de rechterhand in sneden ieder van drie cijfferletters.

II. Neem den *cubus* (1) die het naast komt aan het getal (5) van de eerste snede aan de linkerhand: trek dien van dat getal af: teeken de rest (4) aan. De wortel (1) van dien *cubus* is de gezochte cijffer van den wortel.

III. Stel de cijffers (268) van de volgende snede naast die rest (4) en beschouw het als één getal (4268).

IV. Neem het kwadraat (1) van die eerste cijffer: multipliceer het door 3: divideer door dat product (3) het gemelde getal N<sup>o</sup>. III, de twee laatste cijffers niet mede rekenende: het quotient (hier 7) (\*) is *waarschijnlijk* de volgende letter van den wortel.

V. Multipliceer het drievoudig kwadraat (3) van de reeds te voren gevonden letter door de nu op nieuws gevonden (7) N<sup>o</sup>. IV: multipliceer het kwadraat (49) van de nieuwe letter door 3: en het product (147) door de te voren gevonden letter (1): neem den *cubus* (343) van die nieuwe letter (7). Addeer de drie producten te samen; stellende het tweede eene letter meer naar de rechterhand dan het eerste, en het derde dan het tweede; trek de som (3913) van de gemelde rest N<sup>o</sup>. III. af: teeken de rest (355) aan.

VI. Zoo er nog meerder letters in het gegeven getal zijn, stelt men de volgende snede (hier 024) naast de gevonden rest

(\*) Hier gaat wel is waar 3 veertien malen in de 42: doch men kan niet meer dan 9 voor een quotient stellen: en indien men 9 stelde zoude men door de volgende bewerking N<sup>o</sup>. V. vinden dat niet alleen 9 maar ook 8 te groot is: men moet hier het quotient bijna altijd veel kleiner nemen dan in den eersten opslag schijnt.

rest (355) en men beschouwt dit getal als één getal (355024) uitmakende.

VII. Men ziet de reeds gevonden letters (17) van den wortel als ééne letter aan en gaat voort volgens N°. IV, V, VI, tot dat men alle de sneden van het getal uitgewerkt heeft: zoo er dan geen *rest* over blijft, is het gegeven getal een cubiek-getal, waarvan het gevonden getal (174) de wortel is.

VIII. Zoo er eene *rest* over blijft, stelt men zoo vele malen drie nullen achter het getal als men in den wortel decimalen tot nadering wil gebruiken. Men ziet ieder drietal nullen aan als eene nieuwe snede van het gegeven getal die men uitwerkt volgens N°. IV, V, VI.

§. 13. Wanneer men eene breuk heeft (bijv.  $\frac{64}{125}$ ) neemt men afzonderlijk de cubiek-wortels (4 en 5) van den teller en van den noemer, en maakt van dezen eene nieuwe breuk ( $\frac{4}{5}$ ) die de cubiek-wortel van de gegeven breuk is: of men brengt (zoo de teller en de noemer geen cubiek-getallen zijn) de breuk tot eene decimale breuk, den teller zoo ver uitstrekkende, of, zoo die bepaald is, er zoo vele nullen bijvoegende als noodig is op dat na die bijvoeging de noemer een cubiek getal zij (\*): als dan handelt men met den teller als met een geheel getal. Zie hier het voorbeeld uitgewerkt.

5   268   024	174		
1	$1^3 = 1$	$7^3 = 49$	$4^3 = 16$
4   268	$\times 3$	$\times 3$	$\times 3$
3 913	3	147	48
355.024	$\times 7$	$\times 1$	$\times 17$
355 024	21	147	816
0	147	$7^3 = 343$	$4^3 = 64$
	343	3468	816
	3913	816	64
		355024	

III.

(\*) Derhalven 1, of met 3, of met 6, of met 9 enz. nullen, altijd met drie opklimmende: gevolgelyk moeten de cijfers van de opgegeven breuk met zoo veel nullen aangevuld worden als vereischt wordt op dat hun getal door 3 deelbaar zij: bijv. zij de breuk  $0,0081$ : ik voeg 2 nullen bij om te hebben  $0,008100$ : de noemer zal zijn 1,008,000 want

### III. OVER DE ALGEMEENE FORMULE OM MAGTEN EN WORTELS UITTEDRUKKEN.

§. 14. Indien men de hoegroothheid  $\overline{p \pm q}$  achtvolgens, bij multiplicatie door zich zelve tot de magten 1, 2, 3, 4, 5 enz. verheft, verkrijgt men

$$\overline{p \pm q}^1 = p \pm q$$

$$\overline{p \pm q}^2 = p^2 \pm 2 p q + q^2$$

$$\overline{p \pm q}^3 = p^3 \pm 3 p^2 q + 3 p q^2 \pm q^3$$

$$\overline{p \pm q}^4 = p^4 \pm 4 p^3 q + 10 p^2 q^2 \pm 4 p q^3 + q^4$$

$$\overline{p \pm q}^5 = p^5 \pm 5 p^4 q + 10 p^3 q^2 \pm 10 p^2 q^3 + 5 p q^4 \pm q^5$$

en zoo voorts.

Indien men vervolgens de wet nagaat die de *coëfficiënten* der verschillende termen volgen, en ze uit den aard der zaken opmaakt, zal blijken dat men deze algemeene formule kan daarstellen, welke onder den naam van *binomium* van NEWTON bekend is: te weten

$$\overline{p \pm q}^n = p^n \pm n \cdot p^{n-1} q + \frac{n \cdot n - 1}{2} p^{n-2} q^2$$

$$\pm \frac{n \cdot n - 1 \cdot n - 2}{2 \cdot 3} p^{n-3} q^3$$

$$\pm \frac{n \cdot n - 1 \cdot n - 2 \cdot n - 3}{2 \cdot 3 \cdot 4} p^{n-4} q^4 \pm \text{enz.}$$

Zoo dat in het algemeen, indien D de *coëfficiënt* is van de term  $p^{n-r} q^r$ , de *coëfficiënt* van de volgende term  $p^{n-(r+1)} q^{r+1}$  zijn zal  $\frac{D (n - r)}{q + 1}$ .

§. 15. I. GEVOLG. Hieruit volgt dat zoo eene groothheid  $p$ , eene vermeerdering of vermindering  $\pm q$  ondergaat, de vermeerdering voor het vierkant zal zijn  $\pm 2 p q + q^2$ ; voor den *cubus* of voor de derde magt  $\pm 3 p^2 q + 3 p q^2 \pm q^3$ . En

waarvan de wortel is 100: de wortel zal dus uit honderdste deelen bestaan: en 8500 wordt als een geheel getal beschouwd, waarvan de cubiek-wortel grooter is dan 20 en kleiner dan 21, men kan bij nadering zoo nauwkeurig te werk gaan als men verkiest.

En derhalve dat de rede van de grootheid tot haren aanwas, of tot hare vermindering, zijn zal voor de enkele grootheid als  $p : q$

voor het vierkant als  $p : 2q + \frac{q^2}{p}$

voor den *cubus*, als  $p : 3q + \frac{q^2(3p + q)}{p^2}$

Indien nu  $q$  zeer klein is ten opzichte van  $p$ , zal de *limiet* van deze drie reden zijn,

voor de enkele grootheid  $p : q$

voor het vierkant  $p : 2q$

voor den *cubus*  $p : 3q$

dat is, deze drie reden zullen des te naauwkeuriger de ware rede uitdrukken dat  $q$  kleiner is: en men ziet daaruit, dat indien eene grootheid eene kleine verandering ondergaat, deze voor den *cubus* het drievoud, en voor het *quadraat* het dubbeld is van het geen voor de enkele grootheid plaats heeft. Dit voorstel is in de Natuurkunde van zeer veel nut.

§. 16. II. GEVOLG. Vermits  $n$  eene magt is in het algemeen, kan men ook stellen  $n = \frac{1}{m}$ : welke *fractionaire*

magt eene worteltrekking uitdrukt (III. Bep. V. Aanm. 2.). Dit stellende, en tevens in acht nemende, dat eene *negatieve* magt eene divisie aanduidt (III. Bep. IV. Aanm. 3.) verkrijgt men

$$\begin{aligned}
 p \pm q^{\frac{1}{m}} &= p^{\frac{1}{m}} \pm \frac{1}{m} p^{\frac{1}{m}-1} q + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{m} \times \left(\frac{1}{m} - 1\right) \\
 &\quad p^{\frac{1}{m}-2} q^2 - \frac{1}{2 \cdot 3} \cdot \frac{1}{m} \left(\frac{1}{m} - 1\right) \left(\frac{1}{m} - 2\right) p^{\frac{1}{m}-3} q^3 \text{ enz.} \\
 &= p^{\frac{1}{m}} + \frac{p^{\frac{1}{m}} q}{m \cdot p} + \frac{(m-1) p^{\frac{1}{m}} q^2}{2 \cdot m^2 q^2} \\
 &\quad + \frac{(m-1)(2m-1) \cdot p^{\frac{1}{m}} q^3}{2 \cdot 3 m^3 \cdot p^3} : \text{enz.}
 \end{aligned}$$

Qq 3

$$= p^{\frac{1}{m}} \left( 1 \pm \frac{q}{m p} \pm \frac{m-1 \cdot q^2}{2 m^2 p^2} \pm \frac{m-1 \cdot 2 m-1 \cdot q^3}{2 \cdot 3 m^3 \cdot p^3} \pm \text{enz.} \right)$$

Waar door de worteltrekking in vele gevallen gemakkelijk wordt.

§. 17. Zij bijv.  $p = a^2$ ,  $q = a'b$ : en dus  $p + q = a^2 + ab = a(a + b)$ : zij  $m = 2$  dan is

$$\sqrt{a^2 + ab} = \sqrt{a(a + b)} = [a(a + b)]^{\frac{1}{2}} =$$

$$a + \frac{b}{2} - \frac{b^2}{8a} + \frac{b^3}{16a^2} - \text{enz.}$$

Zoo dat, indien  $b$  zeer klein is ten opzichte van  $a$ : men hebben zal

$$\sqrt{a(a + b)} = a + \frac{b}{2} = \frac{a + (a + b)}{2} : \text{dat juist}$$

oplevert het geen gezegd is geweest in III. 21. en VII. Bep. 1. Gev. 1. Voorbeeld 3.

### III. H O O F D S T U K.

#### OVER HET VINDEN VAN LOGARITHMEN DOOR REEKSEN.

Wij hebben in het XXXIX. Voorstel van het III. Boek aange-toond, hoe men de Logarithmen van alle de getallen vinden kan door het nemen van herhaalde middel-evenredigen: en tevens gezegd (Aanm. IV.) dat de eerste berekenaars dier Tafels op deze wijze waren te werk gegaan: doch dat men vaderhand korter wijzen hadt uitgedacht, en dat wij daarvan in het Aanhangsel zouden handelen.

Die meer verkorte wijzen steunen op het uitdrukken eens *Logarithmus* door eene reeks waarvan de leden zeer spoedig afnemen. Wij zullen de Letter  $L$  gebruiken om den *Logarithmus* van dit getal uitdrukken voor het welk het staat,

§. 1. I. Zij  $L. (1 + n) = n + x n^2 + y n^3 + z n^4 + u n^5 + \text{enz.}$ : dan moet men, om de reeks te kennen, de coëfficiënten  $x, y, z, + \text{enz.}$  bepalen.

Zij

Zij  $L. (1 + n)^2 = 2 L. (1 + n)$ . III. 35. Gev. 2. derhalve

$$\text{II. } L. (1 + n)^2 = 2n + 2x \cdot n^2 + 2y n^3 + 2z n^4 + 2u n^5 + \text{enz.} \\ = L. (1 + 2n + n^2)$$

zij kortheidshalve  $2n + n^2 = A$ : dan is

$$\text{III. } L. (1 + n)^2 = L. (1 + A) = A + xA^2 + yA^3 + zA^4 + uA^5 + \text{enz.}$$

maar, om dat  $A = 2n + n^2$   
is  $A^2 = (2n + n^2)^2$   
 $A^3 = (2n + n^2)^3$ , enz. derhalve

$$\text{IV. } L. (1 + n)^2 = 2n + n^2 + x(2n + n^2)^2 + y(2n + n^2)^3 + z(2n + n^2)^4 + u(2n + n^2)^5 + \text{enz.}$$

Indien men die verschillende magten van  $2n + n^2$  door multiplicatie ontwikkelt, en dan, duidlijkshalve, die leden waarin  $n$  tot de zelfde magt verheven is, onder elkan- der schrijft, heeft men

$$\text{V. } L. (1 + n)^2 = 2n + n^2 + 4x^2 n^3 + x n^4 + \text{enz.} \\ + 4x n^2 + 8y n^3 + 12y n^4 + 6y n^5 + \text{enz.} \\ + 16z n^4 + 32z n^5 + \text{enz.} \\ + 32u n^5 + \text{enz.}$$

§. 2. Maar die uitdrukking N°. V. moet gelijk zijn aan de uitdrukking N°. II., vermits beide den zelfden *Logarithmus* opgeven. Die gelijkheid nu kan geen plaats hebben, ten zij de *coëfficiënten* der leden van beide de reeksen, waarin  $n$  tot de zelfde magt verheven is, gelijk zijn. Dien ten gevolge is:

$2x = 1 + 4x$ : derhalve  $x = -\frac{1}{2}$   
 $2y = 4x + 8y = -2 + 8y$ : of  $y = \frac{1}{3}$   
 $2z = x + 12y + 16z = -\frac{1}{2} + 4 + 16z$  of  $z = -\frac{1}{4}$   
 $2u = 6y + 32z + 32u = \frac{2}{3} - \frac{8}{4} + 32u$ : en  $u = \frac{1}{3}$   
en zoo voorts. Zoo dat men, met die waarde van  $n$  in de reeks N°. I. te stellen, heeft

$$\text{VI. } L. (1 + n) = n - \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{3} n^3 - \frac{1}{4} n^4 + \frac{1}{5} n^5 \text{ enz.}$$

In welke reeks de wet der *coëfficiënten* duidlijk genoeg kenbaar is.

§. 3. Men zoude door die reeks nu het gevraagde opgelost hebben, indien deze reeks spoedig genoeg samen liep: maar dat



dat doet zij niet: men gaat dan aldus voort om uit die reeks eene andere, die sneller samenloopt, optemaken.

Het blijkt door eene gemakkelijke divisie, dat

$$\text{VII. } \frac{1}{1-n} = 1 + n + n^2 + n^3 + n^4 + \text{enz.}$$

$$\text{zij dan } n + n^2 + n^3 + n^4 + n^5 \text{ enz.} = B.$$

$$\text{dan is } L\left(\frac{1}{1-n}\right) = L.(1+B) = B - \frac{1}{2} B^2 + \frac{1}{3} B^3 - \frac{1}{4} B^4 + \frac{1}{5} B^5 - \text{enz.}$$

Stellende nu in plaats van B, en deszelfs magten, ( $n + n^2 + n^3 + n^4 + n^5 + \text{enz.}$ ) en de magten daarvan welke men bij multiplicatie successivelijk ontwikkelt, komt

$$\begin{aligned} \text{IX. } L\left(\frac{1}{1-n}\right) &= n + n^2 + n^3 + n^4 + n^5 + \text{enz.} \\ &\quad - \frac{1}{2} n^2 - \frac{2}{2} n^3 - \frac{3}{2} n^4 - \frac{4}{2} n^5 - \text{enz.} \\ &\quad + \frac{1}{3} n^3 + \frac{2}{3} n^4 + \frac{6}{3} n^5 + \text{enz.} \\ &\quad - \frac{1}{4} n^4 - \frac{1}{3} n^5 - \text{enz.} \\ &\quad \text{enz.} \quad \text{enz.} \end{aligned}$$

Alle die leden optellende, en ieder derzelve tot de eenvoudigste uitdrukking herleidende, komt

$$\text{X. } L\left(\frac{1}{1-n}\right) = n + \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{3} n^3 + \frac{1}{4} n^4 + \frac{1}{5} n^5 + \text{enz.}$$

$$\text{Maar } L\left(\frac{1+n}{1-n}\right) = L(1+n) \times \left(\frac{1}{1-n}\right)$$

$$= L(1+n) + L\left(\frac{1}{1-n}\right).$$

Indien men dan de reeks No. IX. voegt bij de reeks No. VI. komt

$$\text{XI. } \left(\frac{1+n}{1-n}\right) = \left(n - \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{3} n^3 - \frac{1}{4} n^4 + \frac{1}{5} n^5 - \frac{1}{6} n^6 + \text{enz.}\right) \\ + \left(n + \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{3} n^3 + \frac{1}{4} n^4 + \frac{1}{5} n^5 + \frac{1}{6} n^6 + \text{enz.}\right)$$

dat

dat is

$$L \left( \frac{1+n}{1-n} \right) = 2n + \frac{2}{3}n^3 + \frac{2}{5}n^5 + \frac{2}{7}n^7 + \frac{2}{9}n^9 + \text{enz.}$$

of

$$\text{XI. } L \left( \frac{1+n}{1-n} \right) = 2 \left( n + \frac{n^3}{3} + \frac{n^5}{5} + \frac{n^7}{7} + \frac{n^9}{9} + \text{enz.} \right).$$

Welke reeks zeer spoedig afneemt, en dien *Logarithmus* van  $\left( \frac{1+n}{1-n} \right)$  uitdrukt, welken men noemt *natuurlijken*,

en ook, naar den uitvinder dier *Logarithmen*, *Neperiaanschen Logarithmus*. Men vindt die formule bij alle de Schrijvers welke over deze zaken gehandeld hebben: en ook bij EULER *Introd. in Analysin Infinit.* §. 121. bij DE GELDER, *Handleiding*, §. 716. en vele volgende.

De wijze welke ik hier verklaard heb is die van DODSON te vinden in de *Philosoph. Transact.* vol. XLVIII. p. 270. Zij is mij eene der eenvoudigste en meest *elementaire* voorgekomen.

§. 4. Om het gebruik dezer reeks aantetoonen, vragen men den natuurlijken *Logarithmus* van 2: dan is  $\frac{1+n}{1-n} = 2$  en derhalve  $n = \frac{1}{3}$ : men heeft dan

$$L. 2 = 2 \left[ \frac{1}{3} + \frac{1}{3 \cdot 3^3} + \frac{1}{5 \cdot 3^5} + \frac{1}{7 \cdot 3^7} + \frac{1}{9 \cdot 3^9} + \frac{1}{11 \cdot 3^{11}} + \text{enz.} \right]$$

$$= 2 \left[ \frac{1}{3} + \frac{1}{3 \cdot 27} + \frac{1}{5 \cdot 243} + \frac{1}{7 \cdot 2187} + \frac{1}{9 \cdot 19683} + \frac{1}{11 \cdot 177147} + \text{enz.} \right]$$

$$= 2 \left[ \frac{1}{3} + \frac{1}{81} + \frac{1}{1215} + \frac{1}{15309} + \frac{1}{177147} + \frac{1}{2948317} + \text{enz.} \right]$$

Qq 5

Wan-

Wanneer men nu alle die breuken tot *decimale* herleidt ,  
 0.33333333 en derzelver som neemt , verkrijgt men  
 0.0123457 0.3465736 : het welk door 2 gemultipliceerd  
 0.0008230 geeft Log. 2 = 0.6931472 : uitdrukking  
 0.0000653 die tot de laatste decimaal naauwkeurig is.  
 0.0000057  
 0.0000006  
 0.3465736

Indien men stelde  $\frac{1+n}{1-n} = 3$  : en dus  $n = \frac{1}{2}$  zoude  
 men op gelijke wijze den Logarithmus van 3 vinden te zijn  
 1.0981623.

§. 5. Deze logarithmen welke men door de reeks  

$$\text{Log.} \left( \frac{1+n}{1-n} \right) = 2 \left( n + \frac{n^3}{3} + \frac{n^5}{5} + \frac{n^7}{7} + \frac{n^9}{9} \text{ enz.} \right) \text{ vindt,}$$
 worden, gelijk reeds (§. 3.) gezegd is, *natuurlijke* Logarith-  
 men genoemd, en kunnen te regt met dien naam bestempeld  
 worden, om dat men zich in derzelver berekening niet bij  
 voorraad verboden heeft om het getal 1 te stellen voor den  
*Logarithmus* van een bepaald getal, eenmaal tot *basis* aange-  
 nomen. Het blijkt dat hier het getal waarvan 1 de *Loga-  
 rithmus* is, gezocht en bepaald moet worden, en dat het  
 invalt tuschen 2, wiens *Logarithmus* kleiner, en 3 wiens  
*Logarithmus* grooter is dan 1. Bij naauwkeurige bereke-  
 ning zoude men vinden dat 2.7182818 enz. het getal is  
 waarvan 1 is de natuurlijke *Logarithmus*, of, gelijk men  
 die Logarithmen ook noemt, de *Neperiaansche* of *Hyper-  
 bolische Logarithmus*.

§. 6. In onze gewoone Logarithmen-Tafels is, in te-  
 gendeel, bij voorraad 1 verordend tot den *Logarithmus*  
 van 10, welke tot *basis* gesteld wordt. Wij moeten dan  
 aanwijzen hoe men het getal vindt, *module* genoemd, waar-  
 door men den natuurlijken *Logarithmus* van 10 zal moe-  
 ten multiplicceeren op dat het product zoude opleveren 1,  
 den bij voorkeuze aangenomen *Logarithmus* van 10 in  
 onze gewone Tafels.

Men moet dan eerst den natuurlijken *Logarithmus* zoe-  
 ken van 10: het geen men zoude kunnen doen met te  
 stel-

stellen  $\frac{n+1}{n-1} = 10$ : of  $n = \frac{9}{11}$  maar dan zoude de reeks te langzaam afnemen. Men gaa liever aldus te werk (\*).

§. 7. Het getal 10 is  $= 8 \times \frac{5}{4}$ : en derhalve  $\text{Log. } 10 = \text{Log. } 8 + \text{Log. } \frac{5}{4} = \text{Log. } 2^3 + \text{Log. } \frac{5}{4} = 3 \text{ Log. } 2 + \text{Log. } \frac{5}{4}$ .

Zij  $\frac{n+1}{n-1} = \frac{5}{4}$  dan is  $n = \frac{1}{5}$ : en derhalve is  $\text{Log. } \frac{5}{4} = 2 (\frac{1}{5} + \frac{1}{5} \times (\frac{1}{5})^3 + \frac{1}{5} (\frac{1}{5})^5 + \frac{1}{5} (\frac{1}{5})^7 + \text{enz.})$

Welke reeks zeer spoedig afneemt: men zal op die wijze gemakkelijk vinden  $\text{Log. } \frac{5}{4} = 0.2231436$   
voeg bij  $\text{Log. } 8 = 3 \text{ Log. } 2 = 3 \times 0.6931472 = 2.0794415$

Dus natuurlijke Logarithmus van 10  $= 2.3025851$

§. 8. In de gemaakte onderstelling nu, moet die natuurlijke Logarithmus van 10 door eenig getal gedevideerd worden, om te worden 1, verordende *Tabulaire Logarithmus* van 10: de *divisor* is derhalve het getal zelve,

$2.3025851$ : de *module* is dan  $\frac{1}{2.3025851} = 0.4342945$ :

dat is de *natuurlijke*, *Neperiaansche*, of *Hyperbolische*, Logarithmen moeten door 0.432945 gemultipliceerd worden, om de *Tabulaire Logarithmen* op te leveren: en deze moeten door 2.3025851 worden gemultipliceerd, om weder tot de natuurlijke herleid te worden.

§ 9. Men heeft dan gevonden de natuurlijke Logarithmen van 2, 3, 10 te zijn respectivelijk 0.6931472, 1.0986123: 2.302581 waaruit die van 5  $= \text{Log. } 10 - \text{Log. } 2$ , volgt, te weten, 1.6094338: indien men dezelve door 0.432945 multipliceert verkrijgt men den

<i>Tabulairen Logarithmus</i> van	2	$= 0.3010300$
_____	3	$= 0.4771213$
_____	10	$= 1.0000000$

waaruit gemakkelijk worden opgemaakt

die van 4  $= 2 \text{ Log. } 2 = 0.6020600$

die van 5  $= \frac{1}{2} = \text{Log. } 10 - \text{Log. } 2 = 0.6989700$   
die

(\*) Hier heb ik gevolgd de handelwijze van de Heer BANOMA, in zijne *Inleiding tot de Algebra*, §. 125.

die van 6  $\equiv 3 \times 2 = \text{Log. } 3 + \text{Log. } 2 = 0.7781513$   
 die van 8  $\equiv 2^3 = 3 \text{ Log. } 2 = 0.9030900$   
 die van 9  $\equiv 3^2 = 2 \text{ Log. } 3 = 0.9542426$

Er ontbreekt slechts de *Logarithmus* van 7: deze zal men vinden met te stellen  $n = \frac{1}{99}$ : dus  $\frac{1+n}{1-n} = \frac{1+\frac{1}{99}}{1-\frac{1}{99}}$

$= \frac{100}{98} = \frac{50}{49}$ . Nu is  $\text{Log. } \left(\frac{50}{49}\right) = 2 \left[ \frac{1}{99} + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{99}\right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{1}{99}\right)^5 + \text{enz.} \right]$  welke reeks ongemeen sterk afneemt:

waaruit volgt natuurlijke  $\text{Log. } \frac{50}{49} = 0.0202027$ : of  $\text{Log. } 50$

—  $\text{Log. } 49 = 0.0202027$ : of dezelve aftrekkende van  $\text{Log. } 50 = \text{Log. } 10 + \text{Log. } 5$ , of van: 3.9120230 blijft  $\text{Log. } 49 = 3.8918203 = \text{Log. } 7^2 = 2 \text{ Log. } 7$ : dus natuurlijke  $\text{Log. } 7 = 1.945101$ : waaruit volgt de *Tabulaire Logarithmus* van 7  $= 0.8450980$ . Dit zij hier over genoeg.

## IV. H O O F D S T U K.

### OVER DE UITDRUKKING VAN GONIOMETRISCHE LIJNEN, EN VAN BOGEN DES CIRKELS DOOR REEKSEN.

Wij hebben in het VIII. Boek, Voorst. XXII. Aanm. 6. en in het VII. Boek, Voorst. XXVI. Aanm. 4. gezegd, dat wij in het Aanhangsel iets zouden voordragen over de reeksen waar door men de *sinussen* enz. gelijk mede cirkelbogen, of den omtrek des cirkels door Goniometrische lijnen uitdrukt. Het voornaamste zullen wij in de volgende Afdeelingen bevarren (\*).

I.

(\*) Het is mij voorgekomen dat dit gewigtig stuk door niemand eenvoudiger behandeld is dan door den Heer DE GELDER, eerst in de *Verh. van het Bataafsch Genootschap te Rotterdam* (Deel XII.), daarna in zijne *Handleiding*, §. 1063. en vele volgende; waarom ik dan ook deszelfs bewijstrant zoo veel mogelijk slijpt gevolgd heb.

# I. AFDEELING.

## UITDRUKKING VAN SINUS EN COSINUS

### DOOR REEKSEN.

#### I. VOORSTEL.

Indien men de waardij van den *sinus* eens boogs door eene reeks uitdrukt waarvan de Leden de magten zijn van  $x$  door bepaalde *cöefficienten* gemultipliceerd, zullen de leden dier reeks enkel uit de oneven magten van  $x$  kunnen bestaan.

BEWIJS. Zij  $\sin. x = ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + \text{enz.}$  dan zoude men voor den negativen boog  $-x$  moeten hebben  $\sin. (-x) = -ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + \text{enz.}$  derhalve  $\sin. (-x) = ax - bx^2 + cx^3 - dx^4 + ex^5 + \text{enz.}$  Maar  $\sin. (-x) = \sin. x$ : dus zoude men moeten hebben  $ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + ex^5 + \text{enz.} = ax - bx^2 + cx^3 - dx^4 + ex^5 + \text{enz.}$  het geen niet mogelijk is, ten zij de *cöefficienten* der even magten, te weten,  $b, d, f, \text{enz.} = 0$ : dat is ten zij die leden verdwijnen: en dus de reeks zelve deze gedaante hebbe  $\sin. x = Ax + Bx^3 + Cx^5 + Dx^7 + \text{enz.}$

#### II. VOORSTEL.

Indien de *cosinus* eens boogs door eene reeks wordt uitgedrukt, waarvan de leden de magten zijn des boogs door bepaalde *cöefficienten* gemultipliceerd: zal die reeks zoodanig gesteld zijn, dat het eerste lid de eenheid zij.

BEWIJS. Indien de reeks ware deze:  $\cos. x = ax + bx + cx^2 + dx^3 + \text{enz.}$  zoude voor  $x = 0$ ,  $\cos. 0 = 0$  zijn: dat echter geen plaats heeft: want  $\cos. 0 = 1$ : derhalve kan het eerste lid geen  $x$  bevatten: en moet boven dien de eenheid zelf zijn.

#### III. VOORSTEL.

Indien de *cosinus* van een' boog door eene reeks wordt uitgedrukt, waarvan de leden de magten van dien boog zijn, door bestendige *cöefficienten* gemultipliceerd: zullen de leden  
van

van die reeks geen andere dan even magten des gemelden boogs kunnen bevatten.

BEWIJS. Zij die reeks  $\cos. x = 1 + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$  enz.

dan is  $\cos. -x = 1 - ax + bx^2 - cx^3 + dx^4$  enz.

Maar  $\cos. x = \cos. -x$ : derhalve

$1 + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$  enz.  $= 1 - ax + bx^2 - cx^3 + dx^4$  enz.: het geen onmogelijk is ten zij de coëfficiënten der oneven magten,  $a, c, d, e$ , enz.  $= 0$  zijn, en derhalve die leden verdwijnen. Zoo dat de reeks deze gedaante zal hebben  $\cos. x = 1 + Px^2 + Qx^4 + Rx^6 + Sx^8$  enz.

#### IV. VOORSTEL.

Indien de *sinus* eens boogs  $x$  door de reeks  $Ax + Bx^3 + Cx^5 + Dx^7$  enz. wordt uitgedrukt, zal de *cosinus* van dien zelfden boog  $x$  uitgedrukt worden door de reeks  $\cos. x = A + 3Bx^2 + 5Cx^4 + 7Dx^6 + 9Ex^8$  enz., en in beide de reeksen zal  $A = 1$  zijn.

BEWIJS. Indien  $\sin. x = Ax + Bx^3 + Cx^5 + Dx^7$  enz.

is  $\sin. y = Ay + By^3 + Cy^5 + Dy^7$  enz.

en derhalve  $\sin. x - \sin. y = A(x - y) + B(x^3 - y^3) + C(x^5 - y^5) + D(x^7 - y^7)$  enz.

Maar VIII. 32. N°. 34.

$\sin. x - \sin. y = 2 \sin. \frac{1}{2}(x - y) \cos. \frac{1}{2}(x + y) =$  (VIII. 15.)  
 $= \text{choorde}(x - y) \times \cos. \frac{1}{2}(x + y)$ : derhalve

$\text{choorde}(x - y) \times \cos. \frac{1}{2}(x + y) = A(x - y) + B(x^3 - y^3) + C(x^5 - y^5)$ :

en divideerende alle de leden door  $x - y$  (\*) is:

$\frac{\text{choorde}(x - y)}{x - y} \times \cos. \frac{1}{2}(x + y) = A + B(x^2 + xy + y^2) +$

$C(x^4 + x^3y + x^2y^2 + xy^3 + y^4) +$

$D(x^6 + x^5y + x^4y^2 + x^3y^3 + x^2y^4 + xy^5 + y^6)$  enz.

Indien nu  $x = y$ : is (VIII. 10. Gev. 5.)

$\frac{\text{choorde}(x - y)}{x - y} = 1$ : en  $\cos. \frac{1}{2}(x + y) = \cos. \frac{1}{2}(2x) = \cos. x$   
 der-

(\*) Eene grootheid  $x^m - y^m$  is altijd deelbaar door  $x - y$ . Dit zal in het vervolg meer te pas komen.

# 1. Afd. Utdrukking der sinusfen door reeksen. 599

derhalve is, wanneer  $x = y$

$$\cos. x = A + 3 B x^2 + 5 C x^4 + 7 D x^6 + 9 C x^8 \text{ enz.}$$

Maar indien  $x = 0$ : is  $\cos. x = A$ : maar

$$\cos. 0 = 1: \text{ dus } A = 1. \text{ Derhalve is}$$

$$\sin. x = x + B x^3 + C x^5 + D x^7 + E x^9 \text{ enz.}$$

$$\cos. x = 1 + 3 B x^2 + 5 C x^4 + 7 D x^6 + \text{enz.}$$

## V. VOORSTEL.

De *cöefficienten* in de beide reeksen

$$\sin. x = x + B x^3 + C x^5 + D x^7 + E x^9 \text{ enz.}$$

en

$$\cos. x = 1 + 3 B x^2 + 5 C x^4 + 7 D x^6 + 9 E x^8 + \text{enz.}$$

worden bepaald door de formule

$$\sin.^2 x + \cos.^2 x = 1.$$

BEWIJS. Indien men de gemelde reeksen aanneemt en dezelve tot de tweede magten verheft, is

$$\sin.^2 x = x^2 + 2 B x^4 + (B^2 + 2 C) x^6 + (2 B C + 2 D) x^8 + (2 B D + 2 E + C^2) x^{10} + (2 B E + 2 C D + 2 B F) x^{12} \text{ enz.}$$

en

$$\cos.^2 x = 1 + 6 B x^2 + (9 B^2 + 10 C) x^4 + (30 B C + 14 D) x^6 + (42 B D + 18 E) x^8 + (54 B E + 70 C D + 22 F) x^{10} + \text{enz.}$$

En vermits  $\sin.^2 x + \cos.^2 x = 1$ : is ook

$$1 = 1 + (1 + 6 B) x^2 + (2 B + 9 B^2 + 10 C) x^4 + (B^2 + 2 C + 30 B C + 14 D) x^6 + (2 B C + 2 D + 42 B D + 18 E) x^8 + \text{enz.}$$

derhalve zullen de *cöefficienten* van  $x^2$ ,  $x^4$ ,  $x^6$  enz. alle ieder  $= 0$  zijn: vermits anders de reeks niet kan zijn, gelijk behoort,  $= 1$ . Derhalve

$$\text{is: } 1 + 6 B = 0 \text{ of } B = -\frac{1}{6} \text{ d. i. } B = \dots = -\frac{1}{2 \cdot 3}$$

$$2 B + 9 B^2 + 10 C = 0: \text{ of } C = \frac{1}{120}:$$

$$\text{dat is } C = \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5}$$

$$B^2 + 2 C + 30 B C + 14 D = 0:$$

$$\text{of } D = -\frac{1}{12 \cdot 30 \cdot 14} \quad D = -\frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7}$$

waaruit de wet gepoegzaam blijkt.



## I. GEVOLG.

Men heeft dan

$$\sin. x = x - \frac{x^3}{2 \cdot 3} + \frac{x^5}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} - \frac{x^7}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7} \\ + \frac{x^9}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9} \text{ enz.}$$

zijnde de algemeene term  $\pm \frac{x^{2n-1}}{2 \cdot 3 \cdot 4 \dots (2n-1)}$

$$\cos. = 1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{2 \cdot 3 \cdot 4} - \frac{x^6}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} \\ + \frac{x^8}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} \text{ enz.}$$

zijnde de algemeene term  $\frac{x^{2n-2}}{2 \cdot 3 \cdot 4 \dots (2n-2)}$

en in beide de reeksen zijn de oneven leden + de even leden -.

I. AANMERKING. Om zoodanige reeks in praktijk te brengen, moet de boog  $x$  in deelen van den *radius* worden uitgedrukt: Daat nu, indien  $r = 1$ , de halve omtrek, of

$$\pi = 3.1415926536, \text{ is } \frac{\pi}{2} = \frown 90^\circ = 1.5707963268:$$

en indien men stelt  $x' = \frac{m}{n} \times \frac{\pi}{2}$  zal men in het berekenen des *sinus* van den boog  $x$  moeten nemen alle de oneven magten van  $\frac{m}{n}$ , en van  $\frac{\pi}{2}$ ; en voor den *cosinus*

alle de even magten van  $\frac{m}{n}$ , en van  $\frac{\pi}{2}$ : de magten van  $\frac{\pi}{2}$

blijven, wat ook  $\frac{m}{n}$  zij, bestendig de zelfde: waarom milt

ze §. 134. van zijne *Introductio*, eens vooral heeft opgegeven: en na hem is zulks ook door DE GELDER *Handl.*

1. Afd.: Uitdrukking der sinusfen door reeksen. 601

(Handl. §. 1089.) geschied (\*).  $\frac{m}{n}$  en deszelfs magten

hangen af van den boog die men berekent: maar vermits de opgegeven reeksen zeer spoedig afnemen, dat is zeer sterk *convergeren*, is doorgaans een klein getal leden genoeg: Bij voorbeeld, indien men den *sinus* van  $15^\circ$ . wil

berekenen; dan is  $\frac{m}{n} = \frac{1}{6}$  van  $\frac{\pi}{2}$ , of van  $90^\circ$ . dan zullen

vier leden genoegzaam zijn om eene vrij groote nauwkeurigheid te erlangen: want dan heeft men

$$\frac{1}{6} \left( \frac{\pi}{2} \right) = 0.261,799,39$$

$$\frac{1}{6^3} \left( \frac{\pi}{2} \right)^3 = \frac{1}{7776} \times \left( \frac{\pi}{2} \right)^3 = 0.000,010,28$$

$$\underline{\hspace{10em}} 0.261,809,64$$

$$\frac{1}{216} \left( \frac{\pi}{2} \right)^5 = 0.002,990,57$$

$$\frac{1}{279976} \left( \frac{\pi}{2} \right)^7 = 0.000,000,02$$

$$\underline{\hspace{10em}} 0.002,990,59$$

$$\underline{\hspace{10em}} 0.258,819,09$$

of,

(\*) Zie hier de tien eerste magten van  $\frac{\pi}{2}$ :

Oneven magten voor den *sinus*.

Even magten voor den *cosinus*.

$$\frac{\pi}{2} = 1.570,796,33$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^2 = 1.233,700,53$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^3 = 0.645,964,10$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^4 = 0.252,669,51$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^5 = 0.079,692,63$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^6 = 0.010,863,46$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^7 = 0.004,681,75$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^8 = 0.000,917,26$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^9 = 0.000,160,44$$

$$\left( \frac{\pi}{2} \right)^{10} = 0.000,025,20$$

R r

- of, indien men 7 cijfferletters neemt, 0.258,8191: dat het zelfde getal is als in de Tafels voor  $\sin. 15^\circ$ .

## II. GEVOLG.

Vermits  $\text{tang. } x = \frac{\sin. x}{\cos. x}$  zal men hebben

$$\text{tang. } x = \frac{x - \frac{x^3}{1.2.3} + \frac{x^5}{1.2.3.4.5} - \frac{x^7}{1.2.3.4.5.6.7} + \text{enz.}}{1 - \frac{x^2}{1.2} + \frac{x^4}{1.2.3.4} - \frac{x^6}{1.2.3.4.5.6} + \text{enz.}}$$

en

$$\cos. x = \frac{1 - \frac{x^2}{1.2} + \frac{x^4}{1.2.3.4} - \frac{x^6}{1.2.3.4.5.6} + \text{enz.}}{x - \frac{x^3}{1.2.3} + \frac{x^5}{1.2.3.4.5} - \frac{x^7}{1.2.3.4.5.6.7} + \text{enz.}}$$

II. AANMERKING. Deze reeks, insgelijks door EULER opgegeven, kan door werkelijke divisie in eene andere hervormd worden; maar waarin de wet der *cöefficienten* niet gemakkelijk valt te onderkennen, en die wij, gelijk eenige andere, hier voorbij gaan: te meer om dat ons oogmerk alleen is aantoonen, hoe men tot dergelijke reeksen komen kan.

## II. A F D E E L I N G.

## UITDRUKKING VAN CIRKELBOGEN DOOR REEKSEN.

Gelijk men den *sinus* en den *cosinus* heeft uitgedrukt door reeksen, wier leden magten zijn des boogs waarvan men den *sinus* of *cosinus* zoekt: heeft men ook, omgekeerd, reeksen daargesteld wier leden zijn de *sinus* of *cosinus* van eenigen boog, om de hoegrootheid van dien boog op te geven. Dit steunt op de volgende Voorstellen.

## VI. VOORSTEL.

Indien de grootte eens boogs uitgedrukt wordt door eene reeks

## II. Afd.: Uitdrukking van cirkelbogen door reeksen. 603

reeks waarvan de leden zijn de magten van den *sinus* diens boogs, door bepaalde *coëfficiënten* gemultipliceerd, kunnen die magten alleen de oneven magten des *sinus* zijn, met de eerste te beginnen.

BEWIJS. Indien  $x = a \sin. x + b \sin.^3 x + c \sin.^5 x + \text{enz.}$  ware, zoude men voor eenen negativen boog. of voor  $-x$ . om dat  $\sin. (-x) = -\sin. x$ , moeten hebben

$$-x = -a \sin. x + b \sin.^3 x - c \sin.^5 x + d \sin.^7 x \text{ enz.}$$

welke reeks met de voorgaande onbestaanbaar is ten zij de *coëfficiënten*  $b, d, e$ , der even magten ieder  $= 0$  zijn, en dus die leden verdwijnen: men zal dan hebben

$$x = A \sin. x + B \sin.^3 x + C \sin.^5 x + D \sin.^7 x \text{ enz.}$$

$$-x = A \sin. x - B \sin.^3 x - C \sin.^5 x - D \sin.^7 x \text{ enz.}$$

$$= -(A \sin. x + B \sin.^3 x + C \sin.^5 x + D \sin.^7 x \text{ enz.})$$

als wanneer alles volkomen overeenstemt. Verder, indien  $\sin. x = 0$ : is, gelijk behoort, ook  $x = 0$ . De *coëfficiënten*  $A, B, C$ , enz. moeten uit den aard der zaken bepaald worden.

### VII. VOORSTEL.

Een boog  $x$  wordt door de volgende reeks uitgedrukt:

$$x = \sin. x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \sin.^3 x + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \sin.^5 x + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{7} \sin.^7 x \text{ enz.: waarin de coëfficiënt van den term } n, \text{ de coëfficiënten van achteren opnemende, is}$$

$$\frac{1}{2n-1} \cdot \frac{2n-3}{2n-2} \cdot \frac{2n-5}{2n-4} \cdot \frac{2n-7}{2n-6} \cdot \frac{2n-9}{2n-8} \text{ enz.}$$

BEWIJS. Om dat

$$1^\circ. x = A \sin. x + B \sin.^3 x + C \sin.^5 x + D \sin.^7 x \text{ is}$$

$$2^\circ. y = A \sin. y + B \sin.^3 y + C \sin.^5 y + D \sin.^7 y$$

derhalve

$$3^\circ. (x - y) = A (\sin. x - \sin. y) + B (\sin.^3 x - \sin.^3 y) + C (\sin.^5 x - \sin.^5 y) + D (\sin.^7 x - \sin.^7 y) \text{ enz.}$$

gevolgelyk, de leden door  $\sin. x - \sin. y$  divideerende.

$$4^\circ. \frac{x - y}{\sin. x - \sin. y} = A + B (\sin.^2 x + \sin. x \cdot \sin. y + \sin.^2 y) + C (\sin.^4 x + \sin.^3 x \cdot \sin. y + \sin.^2 x \cdot \sin.^2 y + \sin. x \sin.^3 y + \sin.^4 y) + \text{enz.}$$

Maar (VIII. 32. N°. 34.)

$$\text{is } \frac{x - y}{\sin. x - \sin. y} = \frac{x - y}{2 \sin. \frac{1}{2} (x - y) \cdot \cos. \frac{1}{2} (x + y)} = (\text{VIII. 15.})$$

$$\frac{x - y}{\sin. x - \sin. y} = \frac{x - y}{\text{choorde } (x - y) \cos. \frac{1}{2} (x + y)}: \text{ wanneer nu } x = y$$

is (VIII. 10. Gev. 5.)  $\frac{x-y}{\text{choorde } (x-y)} = 1$ : en  $\frac{1}{\cos. \frac{1}{2}(x+y)} = \frac{1}{\cos. x}$ : dit stellende in N<sup>o</sup>. 4. is

$$5^{\circ}. \frac{1}{\cos. x} = A + 3 B \sin.^2 x + 5 C \sin.^4 x + 7 D \sin.^6 x \text{ enz.}$$

$$\text{maar } \frac{1}{\cos. x} = \frac{1}{\sqrt{1 - \sin.^2 x}}$$

$$\text{derhalve } 6^{\circ}. \frac{1}{\cos.^2 x} = \frac{1}{1 - \sin.^2 x} = (\text{door werkelijke divisie}) \\ = 1 + \sin.^2 x + \sin.^4 x + \sin.^6 x + \text{enz.}$$

$$\text{maar } \frac{1}{\cos.^2 x} = (A + 3 B \sin.^2 x + 5 C \sin.^4 x + 7 D \sin.^6 x \text{ enz.})^2$$

gevolgelyk

$$7^{\circ}. 1 + \sin.^2 x + \sin.^4 x + \sin.^6 x = (A + 3 B \sin.^2 x + 5 C \sin.^4 x + \text{enz.})^2 \\ = A^2 + 6 A B \sin.^2 x + 9 B^2 + 10 A C \sin.^4 x + \\ (14 A D + 30 B C) \sin.^6 x + (42 B D + 25 C^2 + 18 A E) \sin.^8 x \\ \text{enz. waaruit volgt:}$$

$$A^2 = 1 \quad . \quad . \quad . \quad A = 1$$

$$6 A B = 1: \text{ en dus } . \quad . \quad B = \frac{1}{6} = \frac{1}{2 \cdot 3}$$

$$9 B^2 + 10 A C = 1 = \frac{9}{36} + 10 C \quad C = \frac{3}{40} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5}$$

$$14 A D + 30 B C = 1:$$

$$\text{dus } D = \frac{5}{2 \cdot 4 \cdot 14} \quad . \quad . \quad D = \frac{1}{2} \times \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{7}$$

$$42 B D + 25 C^2 + 18 A E = 1: .$$

$$\text{dus } E = \frac{35}{64 \times 18} \quad . \quad . \quad E = \frac{1}{2} \times \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{1}{9}$$

$$\text{enz. waaruit volgt dat de reeks } x = A \sin. x + B \sin.^3 x + C \sin.^5 x + D \sin.^7 x \text{ enz.}$$

$$\text{deze wordt, } x = \sin. x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \sin.^3 x + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \sin.^5 x + \\ \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{7} \sin.^7 x + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{9} \sin.^9 x \text{ enz.}$$

AANMERKING. Om dit op een voorbeeld toe te passen zij  $x = 30^{\circ} = \frac{1}{6} \pi$ : dan is  $\sin. x = \sin. 30 = \frac{1}{2}$ : en derhalve

$$\frac{\pi}{6} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{2^5} +$$

## II. Afd.: Uitdrukking van cirkelbogen door reeksen. 605

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{7}{16} \cdot \frac{1}{2^7} + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{2^9} +$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{11} \cdot \frac{1}{2^{11}} + \text{enz.}$$

Indien men slechts deze	0.500,000,000
6 leden uitwerkt en bij el-	0.020,833,333
kander optrekt, zal men	0.002,343,750
bevinden dat de boog van	0.000,348,772
30°, den <i>radius</i> voor 1 ne-	0.000,059,339
mende in deelen van den	0.000,010,922
<i>radius</i> is	<hr/> 0.523,596,116
en multipliceerende door	6
komt	<hr/> 3.151,576,696

voor den halven omtrek zoo de *radius* 1, en dus voor den geheelen omtrek zoo de middellijn = 1 is: het geen maar in de 5 decimaal met de naauwkeurige berekening van LUDOLF verschilt: met meerder leden te nemen, wordt de naauwkeurigheid grooter: doch dit zij genoeg.

### VIII. VOORSTEL.

Een boog  $x$  wordt door middel van deszelfs *cosinus* uitgedrukt door deze reeks.

$$x = \frac{\pi}{2} - \cos. x - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cos.^3 x - \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \cos.^5 x$$

$$- \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{7} \cos.^7 x \text{ enz.}$$

BEWIJS. Om dat  $y = \sin. y + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \sin.^3 y +$   
 $\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \sin.^5 y + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{7} \sin.^7 y + \text{enz.}$

stellende  $y = 90 - x = \frac{\pi}{2} - x$ : is  $\sin. y = \cos. x$

en dus  $90 - x$  of  $\frac{\pi}{2} - x = \cos. x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cos.^3 x +$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \cos.^5 x + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{7} \cos.^7 x + \text{enz.}$

$x = \frac{\pi}{2} - \cos. x - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cos.^3 x - \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \cos.^5 x -$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{7} \cos.^7 x - \text{enz.}$

AANMERKING. Het blijkt dat de *coëfficiënten* dezelfde zijn, en derhalve de zelfde wet volgen, als voor den boog door den *sinus* uitgedrukt. Het zal niet noodig zijn hier een voorbeeld te geven.

## V. H O O F D S T U K.

## V O O R S T E L ,

*Den grootsten cubus te vinden die men door eenen  
gegeven cubus kan laten doorgaan (\*),*

Opgelost door wijlen den Heer

PIETER NIEUWLAND, *Hoogleeraar te Leyden.*

Laat (Fig. 247) ABCD de bovenste oppervlakte van den *cubus* verbeelden, ACFE de snede van een vlak dat loodrecht door de diagonaal AC gaat: G het middelpunt van den *cubus* HGL eene loodlijn, door G in dat vlak op AC getrokken. Trek uit G, GP naar welgevallen: neem in GP een stip I naar welgevallen: trek door I de lijn KIQ loodrecht op GP, en IO loodrecht op AH. Trek uit O in het vlak ABC, OM loodrecht op AC tot een stip M, naar welgevallen in OM genomen: en trek uit M de lijn MN loodrecht op OM.

Wanneer men onderstelt dat deze zelfde bewerking in de andere helft ADC van het vlak ABCD, en insgelijks aan de andere zijde van HGL, en aan de benedenste oppervlakte van den *cubus* verrigt zij, en dat men vervolgens den *cubus* snijdt door vlakken welke loodrecht op het vlak AF door KI en loodrecht op het vlak ABCD, door MN gaan; zal er een stuk van den *cubus* overig blijven door het welk men een regthoekig *parallelepipedum* zal kunnen schuiven, het welk 2 MQ voor breedte, en 2 IG voor hoogte hebben zal, terwijl deszelfs derde afmeting, of lengte, onbepaald blijft.

Indien men begeert dat dit *parallelepipedum* een *cubus* zij, heeft men slechts  $OM = GI$  te nemen.

Men kan verschillende snijdingen doen, door welke alle een *parallelepipedum*, of *cubus* van gelijke grootte zal gaan. Men beschrijve, met GI als *radius*, en uit G als middelpunt, den cirkelboog IIS; wanneer men in dien cirkelboog eenig ander stip *i* aanneemt, en daar uit de loodlijnen *kiq*, en *io* oprijgt, en uit *o* de loodlijn *om* = OM maakt, zullen de streken door KIQ, en *kiq* den zelfden doorgang opleveren.

In-

(\*) Zie hier het geen gezegd is in het XI. Boek, Voorst. 34 Aanm. 1.

Over den grootsten cubus die door een' cubus gaat. 609

Indien men begeert dat niet alleen het *parallelepipedum* een *cubus* zij, maar ook dat die *cubus* gelijk zij aan den gegeven *cubus* zelve, moet men  $OM = GI = GH = \frac{1}{2} AB$  nemen.

Men kan verschillende snijdingen maken, die alle aan het gevraagde voldoen zullen. Naar mate men de hoek  $HGI$  kleiner neemt, zal  $AK$  kleiner, en het gedeelte van den *cubus*  $AKQ$  dunner worden. Stelt  $AK$  oneindig klein, dan zullen de stippen  $P, O, I$  en  $H$  op malkander vallen en  $BH > HG$  dus  $> MI$  zijn.

Verwijdert men het stip  $O$  van  $H$ ; dan zal het stip  $M$  hoe langer hoe nader aan  $AB$  komen; stel dat het stip  $O$  in  $T$  valle, wanneer  $M$  op  $U$  in de lijn  $AB$  valt; en dus dat  $UT = GI = \frac{1}{2} AB$  zij: dan zal  $T$  het laatste stip in  $AH$  zijn waarin  $G$  vallen kan, om eenen *cubus* gelijk aan den gegeven te laten doorgaan. Het spreekt van zelve dat in de praktijk  $U$  nimmer volmaakt in  $AB$  vallen kan. Wij zullen dit opgegeven geval in het vervolg nader beschouwen.

Wanneer men het stip  $O$  tusfchen  $H$  en  $T$  laat vallen, in  $x$ , bij voorbeeld, zal men den gegebenen *cubus* zoodanig kunnen snijden dat er een grooter *cubus* door kan gaan, en men zal voor elk der *cubi* wederom verschillende snijdingen kunnen doen.

Men begeert het stip te bepalen alwaar  $O$  vallen moet op dat de *grootstmogelijke cubus* zou doorgaan. Stel dat  $x$  dat stip zij. Het is klaar dat dit plaats zal hebben, wanneer  $I, O$  en  $P$  in elkander vallen (hier in  $x$ ), en tevens  $M$  in de lijn  $AB$  (hier in  $y$ ), valt, en ten zelfden tijde  $GI = OM$ : (hier  $Gx = xy$ ) is.

OPLOSSING.

In  $\Delta Axy$  is  $\angle x = L$ :  $\angle xAy = \frac{1}{2} L$ : dus  $\angle Ayx = \angle xAy$ : en  $yx = Ax = xG$ .

Voorts  $\overline{AH}^2 = \frac{1}{2} \overline{AB}^2 = \frac{1}{2} \overline{HL}^2 = 2 \overline{HG}^2$

$\overline{AG}^2 = \overline{AH}^2 + \overline{HG}^2 = 3 \overline{HG}^2$

$\overline{AG}^2 = \overline{Ax}^2 + \overline{xG}^2 + 2 Ax \cdot xH = 2 \overline{Ax}^2$

$+ 2 Ax \cdot xH = 2 \overline{Ax}^2 + 2 Ax (AH - Ax)$

$= 2 Ax \cdot AH$ :

derhalve  $3 \overline{HG}^2 = 2 Ax \cdot AH$ : en

$Ax : 3 HG = HG : 2 AH$ : en  $\overline{Ax}^2 : 9 \overline{HG}^2 = \overline{HG}^2 : 4 \overline{AH}^2$ .

of



of  $\overline{Ax}^2 : \frac{2}{3} \overline{AH}^2 = \frac{1}{3} \overline{AH}^2 : \frac{4}{3} \overline{AH}^2$   
 $\overline{Ax}^2 : 9 \overline{AH}^2 = \overline{AH}^2 : 16 \overline{AH}^2 = 1 : 16$   
 en  $\overline{Ax}^2 = \frac{1}{16} \overline{AH}^2$ : of  $Ax = \frac{1}{4} AH$  en  
 $2 Ax = \frac{1}{2} AC$ .

Wij zijn dus tot deze allereenvoudigste oplossing gekomen: „De lijn waarop de grootstmogelijke cubus beschreven wordt is gelijk aan drie vierde deelen van de diagonaal der zijde van den gegeven cubus.”

Ook de lijnen  $Ay$ ,  $Ax$ , en  $\angle xGH$  zijn zeer gemakkelijk in getallen te bepalen: want in de gelijkvormige driehoeken  $ABH$  en  $Axy$

is  $AH : Ax (= 4 : 3) = AB : Ay$ : derhalve

$$Ay = \frac{3}{4} AB = 4 Ax$$

Wanneer men  $HW$  trekt is  $Hx : HW = Gx$  (of  $Ax$ ):  $GH$ : maar  $Ax = 3 Hx$ ; dus  $GH = 3 HW$ .

Wanneer men  $GH = 1$ . voor *radius* aanneemt, is  $HW = \sin. \angle xGH$ : dus  $\sin. \angle xGH = \frac{1}{3} = 0.333333$ : en  $\angle xGH$  omtrent  $19^\circ. 28'. 16''$ . Voorts in de gelijkvormige driehoeken  $GHx$  en  $xAK$ ,  $HG : Hx = Ax : AK$  of  $1 : \frac{1}{3} \sqrt{2} = \frac{3}{4} \sqrt{2} : AK$ : derhalve  $AK = \frac{3}{4} HG = \frac{3}{16} AB$ .

Wanneer men  $HG = 1$  stelt, vindt men voor de rede der lijnen van beide de *cubi* ( $AB : 2 Ax$ )  $1 : \frac{3}{4} \sqrt{2}$ . Indien men deze tot decimalen brengt: vindt men  $1 : 1.06066$ .

De rede der *cubi* zelve  $(1 : 1.06066)^3$  is  $1 : 1.19324$

¶ Dit vraagstuk levert een voorbeeld op van een Voorstel uit de leer der *grootsten* en *kleinsten* opgelost, zonder behulp van *Algebra*, of *verdere Meetkunde*.

Ik laat nog eene aanmerking volgen omtrent de plaats van het stip  $T$ , het welk wij ondersteld hebben de limiet van snijding te zijn voor den gelijken *cubus*. Dat stip is van zelve bepaald uit de beschouwing dat  $UT = \frac{1}{2} AB = AT$  zijn moet: derhalve  $HT = AH - AT$ : of stellende  $AT = 1$ :  $HT = \sqrt{2} - 1 = 1.414213 - 1 = 0.414213$ : Maar  $HT = \tan. \angle HGT$ : dus  $\angle HGT = 22^\circ. 30'.$

**W E R K S T U K K E N**

**U I T   D E**

**G R O N D B E G I N S E L S**

**D E R**

**M E E T K U N D E.**



# I N H O U D.



I N L E I D I N G.	Bl. 1
E E R S T E B O E K.	

<i>Over de regte lijnen en hoeken.</i>	4
I. AFDEELING. Over de gelijke lijnen, de loodlijnen, en de evenwijdige lijnen.	4
II. AFDEELING. Over de verdeeling der lijnen.	6
III. AFDEELING. Over de hoeken.	8

## T W E E D E B O E K.

<i>Over de beschrijving van regtlijnige figuren.</i>	13
I. AFDEELING. Over de beschrijving van figuren uit gegeven zijden en hoeken.	13
II. AFDEELING. Over de beschrijving der figuren ten opzichte van derzelve inhoud.	17
III. AFDEELING. Over de fom en het verschil van verscheiden regtlijnige figuren.	22

## D E R D E B O E K.

<i>Over de evenredige lijnen.</i>	25
-----------------------------------	----

## V I E R D E B O E K.

<i>Over de rede en de gelijkvormigheid van regtlijnige figuren.</i>	34
---	----

# I N H O U D.

## V I J F D E B O E K.

*Over den cirkel.* . . . . Bl. 39

I. AFDEELING. Over het middelpunt van den cirkel,  
en de lijnen die tot den cirkel getrokken worden. 38

II. AFDEELING. Over de cirkelstukken en bogen. 39

III. AFDEELING. Over de raaklijnen van den cirkel,  
en de cirkels die elkander raken. . . . 41

## Z E S D E B O E K.

*Over de beschrijving van figuren in en om  
den cirkel.* . . . . 45

---

## W A A R S C H U W I N G.

Achter ieder Werkstuk vindt men bij het woord **oplossing**, de aanwijzing van die Werkstukken door welke het voorgestelde Werkstuk opgelost wordt: en bij het woord **bewijs**, de aanwijzing der Voorstellen uit de *Grondbeginsels* waar door aangetoond wordt, dat de oplossing indedaad aan het gevraagde voldoet.

---

WERK.

# W E R K S T U K K E N

U I T D E

G R O N D B E G I N S E L S

D E R

M E E T K U N D E.

## I N L E I D I N G.

**M**en zegt, *in navolging der Ouden*, dat een vraagstuk, of werkstuk, door de Meerkunde, *in den striktsten zin*, wordt opgelost, als men de oplossing volkomen zeker, en zonder toetsingen, verrigt, enkel door middel van rechte lijnen en cirkels; dat is, met behulp alleen van liniaal en pasfer.

AANMERKING. Ik zeg *in navolging der Ouden*, en *in den striktsten zin*; doch sedert den tijd van CARTESIUS neemt men het woord van *geometrische oplossing* in eenen ruimeren zin. Alles wat niet alleen door cirkels en rechte lijnen, maar ook door zoo genoemde *geometrische lijnen*, zoo als de *kegelsneden*, wordt opgelost, wordt tot de *geometrische oplossingen* gebragt. Wij zullen echter hier alleen van *geometrische oplossingen* in den zin der Ouden spreken.

Men vooronderstelt dan deze vier dingen.

### I. VOORONDERSTELLING.

Dat men uit een gegeven stip eene rechte lijn trekken kan, het zij onbepaaldelijk, het zij gelijk aan eene gegeven lijn, het zij tot een ander gegeven stip.

### II. VOORONDERSTELLING.

Dat men eene lijn naar welgevallen kan verlengen.

III.

## III. VOORONDERSTELLING.

Dat men van eene regte lijn een bepaald stuk kan afsnijden het welk aan eene bepaalde lijn gelijk is.

## IV. VOORONDERSTELLING.

Dat men uit een gegeven stip, met eenen gegeven *radius*, eenen cirkel trekken kan.

Men voege hier bij de volgende *Axiomata*, die wij, wel is waar, reeds in het eerste Boek van de *Grondbeginsels der Meetkunde* hebben voorgedragen, doch, gemakshalve, hier herhalen.

## I. AXIOMA.

Regte lijnen, waarvan twee stippen overeenkomen, liggen op elkander.

## II. AXIOMA.

Regte lijnen, die elkander snijden, of die uit het zelfde stip getrokken worden, hebben niets dat haar gemeen is, behalven het stip waarin zij zich snijden, of ontmoeten, of waaruit zij getrokken worden. Dit is het eenigste dat tot alle die lijnen behoort.

## III. AXIOMA.

Regte lijnen, wier uiterste stippen overeenkomen, en die, gevolgelijk, geheel overeenkomen, (*Axioma I.*) zijn gelijk: en omgekeerd, lijnen die aan elkander gelijk zijn, komen geheel overeen, indien men hare uiterste stippen, of uiteinden, op elkander legt.

## IV. AXIOMA. Fig. 23.

Indien men uit de twee uiteinden A en B, van een lijn, als middelpunten, twee cirkels trekt, met een' en den zelfden *radius* [AB, BA], welke aan die lijn gelijk is, of grooter is dan dezelve, zullen die cirkels [BEC, ADC] elkander [in C] snijden.

AANMERKING. Zie de Aanmerkingen op het zelfde *Axioma* in de *Meetkunde*, bl. 5.

Om een voorgesteld werkstuk te kunnen oplossen; behoort

hoort men de eigenschappen der zaak, die volbragt moet worden, te kennen, en uit deze, of uit andere die daar mede verbonden zijn, de oplossing afte leiden. Deze is de rede, waarom ik in de *Grondbeginsels der Meetkunde*, in ieder Voorstel, wanneer het noodig was, het werkstuk heb aangehaald, dat men kan oplossen, als men dat Voorstel, mitsgaders zoodanige der voorgaande als vereischt worden, kent.

Die een Voorstel begeert optelosen, en het zelve te ingewikkeld bevindt om terstond te kunnen zien van welke eigenschappen de oplossing afhangt; vervaardige eene figuur, waarin hij dat begeerde als reeds verrigt kan beschouwen, en gaa dan na, tot welke eenvoudiger eigenschappen die beschouwing kan leiden, om dan, naderhand, uit deze de constructie afte leiden. Men neme bij voorbeeld het 15 Werkstuk van het vijfde Boek: Fig. 84. Indien NO de lijn is welke de beide cirkels raakt in N en O: en men trekt de lijnen NG en OK naar de middelpunten, zullen die lijnen loodregt op NO staan (V. 4.) en dus evenwijdig aan elkander zijn. Zoo men dan uit K, PK trekt evenwijdig aan NO, zal men eenen reghoek NOKP bekomen: en PG zal gelijk zijn aan NG *minus* OK. Indien men derhalve, met GP als *radius*, uit G eenen cirkel trekt, zoude die lijn KP, welke loodregt staat op GN, den getrokken cirkel in P raken: en dit geeft de *constructie* van dit Werkstuk, zoo als blijkt uit het geen hij dat Werkstuk is aangeteekend.

Eindelijk, wanneer men de oplossing verrigt heeft, moet men bewijzen dat zij aan het gevraagde voldoet. Hiertoe dient het *Bewijs*, of liever de aanduiding der Voorstellen, die wij naast het woord *Bewijs* hebben aangevoerd: en tot zoodanig *Bewijs* wordt nog somtijds eenige bereiding vereischt.



# E E R S T E   B O E K.

OVER DE REGTE LIJNEN EN DE HOEKEN.

## I. A F D E E L I N G.

OVER DE GELIJKE LIJNEN, DE LOODLIJNEN,  
EN DE EVENWIJDIGE LIJNEN.

### I. WERKSTUK. Fig. 1.

Uit een gegeven stip C eene rechte lijn CG te trekken, die gelijk zij aan eene gegeven lijn AB.

EUCL. I. 2.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, en het 4. *Axioma*. De Cirkels namenlijk worden getrokken uit A en C met CA als *radius*: uit A met AB als *radius*: uit D met DF als *radius*.

AANMERKING. Deze oplossing is die van EUCLIDES: doch ik twijfel of het niet even mathematisch zoude zijn te zeggen? „Beschrijf uit C met eenen *radius* gelijk aan AB „eenen cirkelboog: trek GC van den omtrek naar het „middelpunt: het is de gevraagde lijn.” In de praktijk gaat men altijd op die wijze te werk.

### II. WERKSTUK. Fig. 2.

Twée rechte lijnen AB en C gegeven zijnde, van de grootste AB een stuk AE af te snijden dat gelijk is aan de kleinste.

EUCL. I. 3.

OPLOSSING. Door het 1. Werkstuk maakt men  $AD = C$ : en dan gaat men voort door de 4. Vooronderstelling.

AANMERKING. Deze oplossing is wederom van EUCLIDES. Zoude het niet even mathematisch zijn te zeggen? „Beschrijf uit A met den *radius* AE, gelijk aan C, eenen „cirkelboog DEF.” In de praktijk gaat men altijd dus te werk.

**I. Afd.: Over gelijke, loodrechte en evenwijdige lijnen. 5**

**III. WERKSTUK. Fig. 3.**

Uit een gegeven stip C in eene gegeven lijn ED, eene lijn CF te trekken die op de gegeven lijn ED loodrecht staat.

**EUCL. I. 11. — St. I. 9. — L. G. II. prob. 2.**

**OPLOSSING.** Men neemt CB naar willekeur: men maakt  $CA = CB$ : en werkt door de 4. Vooronderstelling, en het 4. *Axioma*.

**BEREIDING voor het Bewijs.** Men trekt FB, FA.

**BEWIJS.** Of uit I. 26: of uit I. 27. *Gev. 4.*

**IV. WERKSTUK.**

Op het uiteinde B van eene gegeven lijn AB eene loodlijn BD opterigten.

**L. G. II. prob. 2. Scholie.**

**I. OPLOSSING.** Fig. 4. Men verlange AB: en werke als in het voorgaande Werkstuk.

**BEREIDING voor het Bewijs.** Men trekt DK, DI.

**BEWIJS.** Of uit I. 26. of uit I. 27, *Gev. 4.*

**II. OPLOSSING.** Fig. 5. Men neme een stip A: werke uit A en B volgens het 4. *Axioma*: men trekke ACD, make  $CD = CA$ : en trekke DB, die de gevraagde lijn is.

**BEWIJS.** Of uit I. 27. *Gev. 3*, I. 27, en I. 15. op  $\triangle BCD$  toegepast. Of uit C met CA als *radius* den cirkel ABFDG trekkende, uit V. 7.

**V. WERKSTUK. Fig. 6.**

Uit een stip F, buiten eene gegeven rechte lijn AB, eene loodlijn FH op die lijn te laten vallen.

**EUCL. I. 12 — St. I. 10. — L. G. II. prob. 3.**

**OPLOSSING.** Eerst gaat men uit F volgens de 4. Vooronderstelling te werk: dan insgelijks volgens dezelve, en het 4. *Axioma* uit D en E: men trekt FHG, die de gezochte lijn is.

**BEREIDING tot het Bewijs.** Men trekt FD, FE, GD, GE.

**BEWIJS.** Uit I. 27. *Gev. 5.*

VI. WERKSTUK. Fig. 7.

Uit een gegeven stip E eene lijn EG te trekken die evenwijdig is aan eene gegeven lijn IM.

EUCL. I. 31. — St. I. 19. — L. G. II. 6.

I. OPLOSSING. Men trekt ED naar welgevallen: en gaat uit E voor den  $\angle$  GED ten opzichte van den hoek EDI, volgens het XII. Werkstuk van dit Boek te werk.

BEWIJS. Uit I. 3.

II. OPLOSSING. Eerst uit E voor EI door het V. Werkstuk: dan uit eenig stip D voor DK door het III. en het I. Men trekt eindelijk, door E en K, de lijn EG die de gezocht lijn is.

BEWIJS. Uit I. 13.

II. A F D E E L I N G.

OVER DE VERDEELING DER LIJNEN.

VII. WERKSTUK. Fig. 6.

Eene gegeven lijn DE in twee gelijke deelen EH, HD, te verdeelen.

EUCL. I. 10. — St. I. 8. — L. G. II. prob. 1.

OPLOSSING. Men gaat uit de beide uiteinden E en D volgens het 4. *Axioma* tweemaal te werk, zoo dat twee cirkelbogen zich in F, twee andere zich, het zij beneden het zij boven de lijn AB, in G snijden. Men trekt FG: en de lijn DE in twee gelijke deelen verdeelen zal.

BEREIDING tot het Bewijs. Men trekt FD, FE, DG, GE.

BEWIJS. Uit I. 27. Gev. 5.

VIII. WERKSTUK. Fig. 8 en 10.

Eene gegeven rechte lijn BA in zoo vele gelijke deelen BR, RS, enz. te deelen als men wil.

CLAVIUS op de 10 prop. van het VI. Boek van EUCLIDES. — L. G. III. prob. 1.

I. OPLOSSING. Fig. 8. Men trekt BH naar willekeur: men neemt daar op zoo vele willekeurige, doch gelijke deelen, BC, CD enz. als het getal deelen waarin AB gedeeld moet worden, bedraagt. Men trekt HA: en dan door Werkst. 6. GV, FU, enz.

BEWIJS. Uit I. 35. Gev. ook uit IV. 1. Gev. 2.

II. OPLOSSING. Fig. 10. Men trekt uit eenig stip P naar willekeur door het uiteinde A der lijn AB, de onbepaalde lijn PAC. Men trekt door P, de onbepaalde PH // AB. Men neemt op PH, zoo vele onbepaalde, doch gelijke deelen PI, ID, enz. als het getal deelen waarin AB gedeeld moet worden, bedraagt. Men trekt door H en B de lijn HB die PAC in C ontmoet. Men trekt uit C, door I, D, enz. de lijnen CI, CD, enz. die AB in V, U, enz. snijden.

BEWIJS. Uit IV. 4. Gev.

AANMERKING. De bewerking door den *proportionaal-pasfer*, om dit Werkstuk op te lossen, komt met deze tweede oplossing over één. Zie 6. Aanmerking op IV. 2.

### IX. WERKSTUK. Fig. 9.

Van eene gegeven lijn AB, een bepaald gedeelte AD aftefnijden.

EUCL. VI. 9.

OPLOSSING. Door het VIII. Werkstuk, 1. Oplossing,

BEWIJS. Door I. 35. of IV. 1. Gev. 2.

AANMERKING. De *proportionaal-pasfer* is hiertoe in de praktijk zeer dienstig.

### X. WERKSTUK. Fig. 11.

Eene gegeven lijn AB, zoodanig te snijden in C, dat de regthoek uit de gheele lijn AB en het kleinste stuk BC gelijk zij aan het vierkant op het grootste stuk AC: of, wat (IV. Bep. 4.) op het zelfde uitkomt, eene gegeven lijn AB in *uiterste en middelfte rede* te verdeelen.

EUCL. II. 11. en VI. 30. — St. II. pr. 11. — L. G. III. prob. 4.

OPLOSSING en BEWIJS. Uit II. 25.

AANMERKING. Dit Werkstuk is het zelfde als het XI. van  
A 4 het

8 *I. Boek: Over de rechte lijnen en de hoeken.*

het III. Boek. Zie IV. Boek der Grondbeginsels, Bep. 4.  
1 Aanm. bl. 187.

**XI. WERKSTUK. Fig. 12.**

Indien er twee rechte lijnen,  $AB$  en  $CD$ , gelijk of ongelijk, gegeven zijn: eene derzelven  $CD$ , zoodanig te verlengen, dat de regthoek uit die lijn te samen met het verlengde stuk (dat is uit  $CL$ ), en uit het verlengde stuk  $DL$ , gelijk zij aan het vierkant op de andere lijn  $AB$ .

CLAVIUS op EUCL. III. 36. p. 312.

OPLOSSING. Trek de  $LCG = AB$  volgens het IV. en I. Werkstuk; werk dan door het VII en door de 4. Vooronderstelling; men trekke  $GEH$ ; make eindelijk door het II. Werkstuk  $DL = GL$ .

BEWIJS. Uit V. 20.

---

**III. A F D E E L I N G.**

**OVER DE HOEKEN.**

**XII. WERKSTUK. Fig. 13.**

Uit een gegeven stip  $A$  van eene gegeven lijn  $AB$ , eene lijn  $AG$  te trekken, die met de gegeven lijn eenen hoek  $GAB$  make gelijk aan eenen gegeven hoek  $IDH$ .

EUCL. I. 23. — St. I. 18. — L. G. II. prob. 4.

OPLOSSING. De stippen  $C$  en  $E$  op  $DI$  en  $DH$  naar willekeur genomen hebbende trekt men  $CE$ : men maakt (door I. Werkstuk van Boek II.) op  $AF$  eenen  $\Delta GAF$  waarvan de zijden  $AG$ ,  $GF$ ,  $AF$ , respectievelijk gelijk zijn aan  $DC$ ,  $CE$ ,  $ED$ .

BEWIJS. Uit I. 26.

**XIII. WERKSTUK. Fig. 14.**

Uit een gegeven stip  $F$ , buiten de lijn  $AB$ , eene lijn  $FA$  te trekken, welke met de gegeven lijn  $AB$  eenen hoek  $FAB$  make gelijk aan eenen gegeven hoek  $C$ .

OPLOSSING. Men gaat uit eenig stip D, volgens Werkstuk XII, te werk: en daarna uit F volgens Werkstuk VI.

BEWIJS. Uit I. Bep. 10.

XIV. WERKSTUK. Fig. 17.

Een hoek A gegeven zijnde, eenen hoek te maken die deszelfs dubbeld, drievoud, viervoud, enz. zij.

NEWTON, *Arithm. Univer. Prob. 29.*

OPLOSSING. Men verlange de beenen IA en HA des gegeven hoeks: neme BA naar willekeur: make  $BC = BA$ ;  $CD = BC$ ,  $DE = DC$ ,  $FE = DE$ ; enz.

Dan is  $\angle CBD = 2 A$ ;  $\angle DCE = 3 A$ ;  $\angle EDF = 4 A$ .

BEWIJS. Uit I. 27. en I. 11.

I. AANMERKING. Zoodra men aan eene lijn komt, die op een der beenen regthoekig staat, kan men niet verder gaan: om dat men dan geen nieuwe lijnen zoo als BC, CD, DE, EF, die aan het begeerde voldoen, trekken kan.

II. AANMERKING. En ook hieruit kan men de waardij der *sinussen* en *cosinussen* van den dubbelden, drievoudigen, enz. hoek opmaken. Men trekke de LL Bb, Cc, Dd, enz.

Want I.  $\triangle ACc \sim \triangle ABb$ : en dus

$AB: Bb = AC: Cc$ : d. i.  $r: \sin. a = 2 \cos. a: Cc$ : en dus

$$Cc = \sin. \angle cBC = \sin. 2 a = \frac{2 \sin. a \cdot \cos. a}{r}.$$

II.  $AC: Ac = AB: Ab$ : of  $2 \cos. a: Ac = r: \cos. a$  en dus

$$Ac = \frac{2 (\cos. a)^2}{r}: \text{ en } Bc = \cos. \angle cBC = \cos. 2 a =$$

$$= Ac - AB = \frac{2 (\cos. a)^2}{r} - r = \frac{2 (\cos. a)^2 - r^2}{r} =$$

$$= \frac{(2 \cos. a)^2 - (\cos. a)^2 - (\sin. a)^2}{r} = \frac{(\cos. a)^2 - (\sin. a)^2}{r}.$$

III.  $\triangle ACc \sim \triangle ADd$ :

en dus  $AC: Cc = AD: Dd = AB + BD: Dd$

$2 \cos. a: \sin. 2 a = r + 2 \cos. 2 a: \sin. 3 a$

$$\sin. 3 a = \frac{r \sin. 2 a + 2 \sin. 2 a \cdot \cos. 2 a}{2 \cos. a} =$$

$$\frac{2r \sin. a \cdot \cos. a}{r} + \frac{4 \times \sin. a \cdot \cos. a \cdot (\cos. a^2 - \sin. a^2)}{r} =$$

$$\frac{2 \cos. a}{r^2} \sin. a + \frac{2 \sin. a \cdot \cos. a^2}{r^2} - \frac{2 \sin. a^3}{r^2} =$$

$$\sin. a + \frac{2r^2 \sin. a}{r^2} - \frac{2 \sin. a^3}{r^2} - \frac{2 \sin. a^3}{r^2} =$$

$$3 \sin. a - \frac{4 (\sin. a)^3}{r^2}.$$

Welke formules de zelfde zijn als in VIII. 21, 22. en AANMERKING 3 op VIII. 22.

#### XV. WERKSTUK. Fig. 15.

Eenen gegeven hoek ACB in twee gelijke deelen [ACF, BCF] te deelen.

EUCL. I. 9. — St. I. 7. — L. G. II. prob. 5.

OPLOSSING. Men gaat uit C te werk door de 4. Vooronderstelling, nemende CD = CE, en dan uit de beide stippen D en E, door dezelve en het 4. Axioma. Men trekt CF die de vereischte verdeeling maakt.

BEWIJS. Uit I. 27. Gev. 5.

AANMERKING. Men kan op die wijze, door eene gedurige verdeeling in twee deelen, eenen hoek in vier, acht, zestien enz. gelijke hoeken verdeelen: in één woord in een getal deelen dat eenige magt van het getal 2 is.

#### XVI. WERKSTUK. Fig. 16.

Eenen regten hoek BCA in drie gelijke deelen te deelen.

CLAVIUS op EUCL. I. 32.

OPLOSSING. Men maakt op AC den gelijkzijdigen driehoek CEA door II. Werkst. 2.; of wel, men gaat op AC, uit A en C, door Axioma 4. te werk, en trekt CE, AE. Vervolgens voor hoek ECA, door Werkstuk XIV.

BEWIJS. Uit I. 27. Gev. 5 en 3.

#### XVII. WERKSTUK. Fig. 18.

Eenen regten hoek BCA in vijf deelen te verdeelen.

OPLOSSING. Men beschrijve op CA, of op een stuk CE daarvan, den gelijkbeenigen Δ CDE volgens Werkst. II. van

van het II. Boek. Dan is  $\angle DCE = \frac{1}{3} L$  en dus  $\angle BCF = \frac{1}{3} L$ . Men deele dan  $\angle ECD$  door Werkstuk XIV. in twee deelen, en dan ieder deel weder in twee deelen.

BZWIJS. Uit II. 26. en Gev. 3.

AANMERKING Men kan door de enkele Meetkunde, in den striktsten zin genomen, dat is, door cirkel en regte lijn, geen' hoek in een oneven getal deelen deelen, uitgenomen alleen den regten hoek in drie deelen, of ook in vijf deelen: het geen het onderwerp is van dit en het voorgaande Werkstuk.

#### ALGEMEENE AANMERKING

over het verdeelen van een' hoek in drie deelen.

Eenen hoek in drie deelen te verdeelen, met behulp van de Meetkunde, in den zin der Ouden genomen, dat is enkel met passer en liniaal, is, bij de Ouden een beroemd vraagstuk geweest, doch waartoe hunne Meetkunde, die wij hier volgen, onvermogen is.

Indien men die vraag stelkundig, d. i. *algebraisch* beschouwt, volgt het, uit het geen wij in de 2. Aanmerking op het veertiende Werkstuk gezegd hebben, dat de Oplossing afhangt van eene *aequatie*, of vergelijking, van de *derde magt*, te weten:

$$3 \sin. a - \frac{4 (\sin. a)^3}{r^2} = \sin. 3 a : \text{ of}$$

$$(\sin. \frac{1}{3} a)^3 - \frac{3 r^2}{4} \sin. \frac{1}{3} a = - \frac{r^2 \sin. a}{4} \text{ welke vergelijking}$$

door den cirkel alleen, niet kan opgelost, of gelijk men spreekt, *geconstrueerd* worden.

In de *Grondbeginsels der Meetkunde*, hebben wij op vier plaatsen over dit Vraagstuk gehandeld: te weten: In het I. Boek, Voorstel 29. Aanm. 2: het geen overeenkomt met V. 18. en met VIII. 8. Gev. 1: en dan nog in het tweede Gevolg van dat zelfde VIII. Voorstel: Alle deze Voorstellen nu, in praktijk gebragt, komen hierop neer, om *door toetsingen*, eene lijn zoodanig te trekken tot dat men bevinde aan het begeerde te hebben voldaan: gelijk nu blijken zal.

I. Zij Fig. 19. een hoek KCE gegeven: Neem  $gC$  naar willekeur: beschrijf uit  $C$  met den *radius*  $Cg$  eenen cirkel  $gGHL$ : neem een liniaal  $FA$ : stel het zelve op het stip  $g$ , en keer het daarop tot dat het den omtrek in een tweede stip  $G$  zoodanig snijde, dat  $CG = GA$ : d. i. tot dat  $GA$  gelijk zij aan den *radius* van den getrokken cirkel: dan is  $\angle A = \frac{1}{3} \angle KCE$ . Dit volgt uit I. 29. Aanm. 2. en VIII. 8. Gev. 1. en V. 18: die alle op één en het zelfde Voorstel uitkomen.

II. Zij (Fig. 21.) een gegeven hoek PCQ: beschrijf uit de kruin  $C$  met eenen *radius*  $CA$  naar willekeur eenen cirkel, die het ander been  $CQ$  des hoeks in  $D$  snijdt. Trek de choorde  $AD$ . Neem een liniaal  $NS$ , dat door het middelpunt  $C$ , of de kruin des hoeks, gaat: en dus de choorde  $AD$  ergens (in  $F$ ), en den omtrek



ergens (in G) snijdt: en keer het om dat middelpunt, tot dat de choorde DG gelijk zij aan het stuk DF der choorde AD: dan zal de hoek GCD het derde gedeelte zijn des hoeks ACD. Immers de boog GD is de maat des hoeks GCD: en de boog AGD is die des hoeks ACD: Nu is in VIII. 8. Gev. 2 bewezen, dat de boog DG in het gezegde geval het derde gedeelte is van den boog AGD.

Er kunnen meer andere oplossingen gegeven worden, doch zij zijn alle van dien aard: te weten, dat zij slechts *mechanisch* zijn; dat is door het stellen van een werktuig, hier een liniaal, verrigt worden, niet op eene volmaakt zekere wijze, maar zoo dat men toetsen moet of het zoodanig gesteld is dat het aan het begeerde voldoet.

III. De Ouden maakten ook gebruik tot het oplossen van dit Werkstuk, van zekere kromme lijn, genoemd de *Quadratrix* van DINOSTRATES, welke door dezen, of misschien wel door HIPPAS, (zie VII. 26. Aanm. 6,) is uitgevonden, met opzet om eenen hoek in zoo vele deelen te deelen als men wil: zie over die kromme lijn, en haar gebruik tot dit Voorstel, FLORIJS. *Grondbeginsels der hoogere Meetkunde*, II. Boek, Hoofdst III. prop. 3, §. 46: en CLAVIUS op EUCL. VI. *appendix*, vooral §. 2: en deszelts *Geometria Practica. Lib. VII. Appendix*. Om het zelve door de kegelsneden te verrigten, zie CARTESIJS *Geometria, Lib. III*.

IV. In de praktijk, wanneer de grootte van den gegeven hoek in graden door middel van den *transporteur* bekend is: neemt men het derde gedeelte van dat getal om de grootte van den boog te bekomen die de maat zal zijn van den hoek welke het derde gedeelte is van den gegeven: doch dit is werktuiglijk, niet geometrisch.

Wij hebben reeds gezien dat de rechte hoek hier eene uitzonderig maakt, zoo wel voor het deelen in vijf als in drie gelijke deelen. In het geval van de verdeeling in drie deelen, is immers Fig. 20. de rigting der lijn  $gGA$  van zelf bepaald; want, om dat  $\angle gCE = L = \angle GCA$ : en  $\angle A = \frac{1}{3} \angle GCE$  zijn moet, zal ook  $\angle A = \frac{1}{3} \angle ACG$  zijn: en dus  $\angle AgC = \frac{2}{3} L$ : maar om dat  $GC = gC$  is  $\angle gGC = \angle GgC = \frac{2}{3} L$ : en dus hoek  $GCg = \frac{2}{3} L$ : derhalve  $\triangle GCG$  gelijkzijdig: en dus  $Gg = GC$ , en strikt geometrisch bepaald.

# T W E E D E B O E K.

## OVER DE BESCHRIJVING VAN REGTLIJNIGE FIGUREN.

### I. A F D E E L I N G.

#### OVER DE BESCHRIJVING VAN FIGUREN, UIT GEGEVEN ZIJDEN EN HOEKEN.

##### I. WERKSTUK. Fig. 22.

Uit drie gegeven lijnen A, B, C, waarvan twee te samen grooter zijn dan de derde, eenen driehoek EHF te maken.

EUCL. I. 22. — St. I. 17. — L. G. II. prob. 10.

OPLOSSING. Men make  $EF = C$ : trekke uit E en F met de *radii* gelijk aan B en aan A cirkels, of cirkelbogen, die elkander in H snijden: men trekke EH, FH.

AANMERKING. De reden waarom in den tekst deze voorwaarde, *waarvan twee te samen grooter dan de derde* gevoegd wordt, blijkt uit I. 19.

##### II. WERKSTUK. Fig. 23.

Op eene gegeven lijn AB eenen gelijkzijdigen driehoek ABC te beschrijven.

EUCL. I. 1. — St. I. 6. Gev.

OPLOSSING. Door *Axioma* 4.

##### III. WERKSTUK. Fig. 24.

Op eene gegeven lijn AB eenen gelijkbeenigen driehoek ABC te beschrijven.

CLAVIUS op EUCL. I. 1. — St. I. 6.

OPLOSSING. Door het 4. *Axioma*.

AANMERKING. Men beschrijft op gelijke wijze, doch door cirkels wier stralen ongelijk zijn, eenen ongelijkzijdigen driehoek op eene rechte lijn. Zie CLAVIUS ter aangehaalde plaatse.

IV.

14 II. Boek: Over de beschr. van regtlijnige figuren.

IV. WERKSTUK. Fig. 24.

Eene zijde en twee hoeken eens driehoeks gegeven zijnde, den driehoek te beschrijven.

L. G. II. prob. 9.

OPLOSSING. Trek uit A en B de lijnen AC, en BC, ieder onder den gegeven hoek. Zij ontmoeten elkander ergens in C en de driehoek is bepaald.

I. AANMERKING. Indien twee zijden en de door de zelve begrepen hoek gegeven zijn, kan men op gelijke wijze den driehoek beschrijven: ook indien twee zijden, en een hoek niet tuschen dezelve begrepen gegeven zijn: mits die gegeven hoek regt of stomp zij: of mits men wete dat de twee overige hoeken beiden scherp zijn: of indien een derzelve regt of stomp is, aan welke zijde hij grenst (I. 25.).

L. G. II. prob. 11.

II. AANMERKING: Indien de drie hoeken alleen gegeven zijn, is de driehoek onbepaald (I. 26. Aanm. 2.), en men kan dan alleen eenen *driehoek maken die met den gegeven gelijkhoekig is*, het geen zeer gemakkelijk valt door het 12. Werkstuk des I. Boeks: want zoodra men op eene gegeven lijn twee hoeken zal gemaakt hebben, die aan de twee op eene zijde des gegeven driehoeks, gelijk zijn, ieder aan ieder, volgt de derde hoek van zelf.

V. WERKSTUK. Fig. 25.

Op eene gegeven lijn AB, een vierkant te beschrijven, en ook een' regthoek, waarvan de andere regthoekszijde insgelijks gegeven is.

EUCL. I. 46. — St. I. 31.

OPLOSSING voor het vierkant. Voor AD en BC uit het IV. en II. Werkstuk van het I. Boek; men trekt daarna DC: of wel; voor AD uit I. Werkstuk 4 en 2: en dan uit D en B met eenen *radius* gelijk aan AB, door Vooronderst. 4.

BEWIJS. Uit I. Bep. 19. en Voorst. 31. Gev. 2.

AANMERKING. De bewerking is de zelfde, indien men, niet een vierkant, maar eenen regthoek op de lijn AB beschrijven wil; dan worden AD en BC niet aan AB maar aan de andere gegeven lijn gelijk gemaakt.

VI.

VI. WERKSTUK. Fig. 26.

De som  $AE$  der twee zijden eens regthoeks, en de diagonaal  $AC$  van denzelven gegeven zijnde, de zijden  $AL$ ,  $LC$ , te bepalen.

OPLOSSING. 1°. Deel  $AC$  in twee gelijke deelen in  $K$ , en beschrijf uit  $K$  op  $AK$  den cirkel  $ABCD A$ . 2°. Rig  $CF \perp$  op  $AC$  en  $= AC$ . 3°. Trek  $AF$  die door den omtrek  $ADC$  in twee gelijke deelen in  $D$  gesneden wordt (I. 27. V. 7). 4°. Beschrijf uit  $D$  met  $DA$  den halven cirkel  $ACGF$ : stel  $AE$  in dien halven cirkel in  $AG$ , of, wat op het zelfde uitkomt, trek uit  $A$ , met den radius  $AE$ , den boog  $EG$ . Trek  $AG$ , die door den cirkel  $ABCD$  gesneden wordt in  $L$ . Trek  $LC$ : verder de choorde  $AM = LC$ : trek  $MC$ :  $AMCL$  is de gevraagde regthoek.

BEWIJS. Trek  $CG$ . Om dat  $AC = CF$ , is  $\angle AC = \angle FGC$ : en omdat  $\angle ACGF = \frac{1}{2} O$ , is  $\angle AC = \frac{1}{2} O$ , en derhalve (V. 7.)  $\angle LGC = \frac{1}{2} L$ : maar  $\angle ALC = L = \angle CLG$ : derhalve (V. 7.)  $\angle LCG = \frac{1}{2} L$  en  $CL = LG$ : derhalve  $AL + LC = AL + LG = AE$ : maar  $\angle ALC = L$  (V. 7.) gevolgelyk:  $\triangle ALC$  een regthoekige driehoek, waarin de gegeven lijn  $AC$  is de diagonaal, en de gegeven  $AE = AG$  de som der zijden, en dús is  $AMCL$  de gevraagde regthoek.

VII. WERKSTUK. Fig. 26.

De diagonaal  $AC$  van een' regthoek, en het verschil  $AP$  der zijden gegeven zijnde de zijden,  $AB$  en  $BC$  te vinden.

OPLOSSING. De vier eerste N°. van de Oplossing des voorgaanden Werkstuks blijven de zelfde. Vervolgens trek uit  $A$  met  $AP$ , eenen cirkelboog, die den cirkel op  $AF$  beschreven in  $R$  snijdt. Trek  $ARB$ , en  $BC$ : de  $\triangle ABC$  is de helft van den gevraagden regthoek.

BEWIJS. Trek  $RC$ : dan is  $\angle ARC$ , die op boog  $CGAP$  ( $= \frac{1}{2}$  omtrek steunt)  $= \frac{1}{2} L$ : derhalve (I. 3.)  $\angle BRC = \frac{1}{2} L$ : dus  $\angle RCB = \frac{1}{2} L$  en (I. 27.)  $RB = BC$ : derhalve  $AB - BC = AB - BR = AR = AP$ : Maar  $\angle ABC = L$  (V. 7.): dus is  $\triangle ABC$  regthoekig:  $AC$  is de schuinsche zijde: en het verschil der zijden is gelijk aan  $AP$ .

16 *II. Boek: Over de beschr. van regtlijnige figuren.*

VIII. WERKSTUK. Fig. 28.

Gegeven zijnde het verschil  $AB$  tusschen de diagonaal en de zijde van een vierkant, het vierkant te vinden.

CLAVIUS op het 14. Voorstel van EUCLIDES II. Boek, p. 213.

OPLOSSING. 1°. Beschrijf door Werkstuk V,  $\square ADCB$  op  $AB$ .

2°. Trek  $BD$  diagonaal, verlengd tot dat  $ED = DA$ : rigt (door I. Werkst. 4.)  $EF \perp$  op  $EB$ .

3°. Verleng  $BA$  tot dat zij  $EF$  ontmoet in  $F$ .

4°. Stel op  $FB$  den gelijkbeenigen driehoek (Werkst. III.)  $FGB$ , zoo dat  $FG = GB = EB$ .

Figuur  $FEBG$  is het gevraagde  $\square$ .

BEWIJS. Uit I. 34.

IX. WERKSTUK. Fig. 27.

Gegeven zijnde de schuinsche zijde  $A$ , [of  $CD$ ] en eene der regthoekzijden  $B$  van een' regthoekigen driehoek, de andere zijde  $DE$  te vinden.

OPLOSSING. Door het 7. Werkstuk van het I. Boek, de 4. Vooronderstelling en het 1. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Uit V. 7. en II. 16.

X. WERKSTUK. Fig. 29.

Eenen gelijkbeenigen driehoek  $FGD$  te beschrijven, wiens grondlijn  $FD$  grooter zij dan een der beenen  $CD$ ,  $CF$ .

OPLOSSING. Door de 4. Vooronderstelling.

BEWIJS. Uit V. 6. Gev. 6.

XI. WERKSTUK. Fig. 30 en 31.

Eenen gelijkbeenigen driehoek  $CAB$  te beschrijven, waarin de hoeken,  $ABC$ ,  $ACB$ , op de grondlijn  $BC$ , het dubbeld zijn van den tophoek  $A$ .

EUCL. IV. 10. — St. II. 13.

I. OPLOSSING. Fig. 30. 1°. Men trekt eene lijn  $AB$  naar willekeur, die men deelt volgens het X. Werkstuk van het I. Boek. 2°. Men beschrijft uit  $A$ , met  $AB$  eenen cirkel. 3°. Men maakt  $BC = AD$ : en trekt  $AC$ .

**1. Afd.: Over de beschr. van fig., uit geg. zijden en hoeken. 17**

**BEREIDING VOOR het Bewijs.** Men onderstelt dat er door A, D, C een cirkel gaat, volgens V. 2.

**BEWIJS.** Uit N°. 1., N°. 3, en V. 20. bewijst men dat BC eene raaklijn is van den cirkel CDA, en dus door V. 8. dat  $\angle DCB = \angle c$ : derhalve ook in de  $\Delta\Delta$  BAC en BCD, om dat  $\angle B$  aan beiden gemeen is,  $\angle BDC = \angle BCA =$  (I. 27.)  $\angle B$ : derhalve (I. 28)  $BC = DC = AD$ : en (I. 27.)  $\angle c = \angle d = \angle BCD$  en  $\angle BCA = \angle BCD + d = 2 \angle d = 2 \angle c$ ; of  $2 \angle BAC = \angle B$ .

**I. AANMERKING.** Deze oplossing is door EUCLIDES gegeven, en hangt af van de eigenschappen des cirkels. De volgende, die wel als oplossing met de voorgaande overeenkomt, vereischt, om bewezen te worden, enkel de leer van de driehoeken, en is daar door gemakkelijker.

**II. OPLOSSING.** Fig. 31.

1°. Men trekt eene lijn AB naar welgevallen, en snijdt dezelve volgens het X. Werkst. van het I. Boek.

2°. Men trekt uit A met eenen *radius* AB, en dan uit D met eenen *radius* DA, cirkelbogen die elkander in C snijden.

3°. Men trekt AC, en  $\Delta BAC$  is de gevraagde.

**BEWIJS.** Uit II. 26. Gev. 3.

**II. AANMERKING.** Indien er gevraagd wierd om eenen dergelijken driehoek op eene gegeven lijn te beschrijven; zoude men eerst zoodanigen driehoek naar willekeur maken, en dan op de gegeven lijn eenen driehoek aan dezen gelijkhoekig beschrijven. Zie het IV. Werkst. Aanm. 2.

## II. A F D E E L I N G.

**OVER DE BESCHRIJVING DER FIGUREN MET  
OPZIGT TOT DERZELVER INHOUD.**

**XII. WERKSTUK.** Fig. 32.

Een parallelogram [AIGC] te beschrijven, wiens inhoud gelijk zij aan dien van een gegeven parallelogram ADHC; of eenen driehoek AEC, die gelijk zij aan een' gegeven dri-

18 *II. Boek: Over de beschr. van reghlijnige figuren.*

driehoek  $ABC$ , en die, boven dien, eenen hoek gelijk hebbe aan een' gegeven hoek  $D$ .

**EUCL. I. 42. — St. I. 29.**

**OPLOSSING.** Voor het parallelogram door I. Boek, Werkst. 12 en 6.

Voor den driehoek door het 12. Werkst. van het I. Boek, en dan trekkende  $CE$ .

**BEWIJS.** Uit II. 11, en 13.

**AANMERKING.** Indien de gegeven hoek regt is, verkrijgt men eenen reghoek.

**XIII. WERKSTUK. Fig. 33.**

Eenen driehoek  $ADE$  te maken, wiens inhoud gelijk zij aan dien van een gegeven parallelogram  $BCFA$ : of Fig. 32. een parallelogram  $AHFI$  dat gelijken inhoud hebbe als een gegeven driehoek  $ACB$ : en boven dien eenen hoek  $[IAH]$  bezitte gelijk aan een' gegeven hoek.

**CLAVIUS op EUCL. I. 42.**

**OPLOSSING.** Voor den driehoek Werkst. 1 en 12, van Boek I. Voor het parallelogram, door I. Werkst. 7, 12, 6.

**BEWIJS.** Uit II. 13 en 11.

**XIV. WERKSTUK. Fig. 34 en 34 a.**

Op eene gegeven lijn  $KM$ , een parallelogram  $IHMK$  te beschrijven, dat gelijkhaltig zij aan een gegeven parallelogram, of aan eenen gegeven driehoek  $AHB$ , en eenen hoek  $IKM$  gelijk aan eenen gegeven hoek bezitten.

**EUCL. I. 44.**

**I. OPLOSSING.** 1°. Men maakt eerst door Werkst. XIII. een  $\square ADEF$  gelijkhaltig aan het gegeven  $\square AHGF$ , of aan den gegeven  $\triangle AHB$ , en dat eenen hoek  $DAF$  bezitte gelijk aan den gegeven hoek.

2°. Verleng  $KM$  in  $L$ , zoo dat  $ML = AF$ .

3°. Maak  $\square MLNO = \square ADEF$ : voltooi o  $KL \square MLNP$ .

4°. Trek de diagonaal  $PMG$  tot de snijding met  $NL$  verlengd, in  $G$ .

5°. Voltooi  $\square KLG I$ : verleng  $OM$  tot in  $H$ :  $\square KIMH$  is het gevraagde.

## II. Afd.: Over de inhouden der figuren. 19

BEWIJS. Uit II. 14. is  $\square K I H M \propto \square O M L N \propto \square A D E F \propto$  (door II. 12.)  $\square A H G F \propto \triangle A C B$ .

II. OPLOSSING Fig. 34. N<sup>o</sup>. 1. is het zelfde als in de I. Oplossing: het overige steunt op het 4. Gevolg van het VIII. Voorstel des IV. Boeks: namelijk: men trekke  $KI$  zoo dat  $\angle M K I = \angle H A B =$  den gegeven hoek: en vervolgens door het 16. Werkstuk van het III. Boek  $K M : A B = A H : K I$ : en voltooi het  $\square K I H M$ .

BEWIJS. Uit IV. 8. het 4. Gevolg.

AANMERKING. Onder het woord *parallelogram* verstaan wij hier, en in de volgende Werkstukken, ook *regthoek*, die in de daad een parallelogram is, doch waarvan de hoeken regt zijn.

### XV. WERKSTUK.

Op eene gegeven lijn  $HI$  eenen driehoek  $[HIL]$  te maken die aan eenen gegeven driehoek, of aan een gegeven parallelogram, gelijk zij, en tevens eenen hoek bezitte gelijk aan eenen gegeven hoek.

CLAVIUS OP EUCL. I. 44.

I. OPLOSSING. Fig. 35. 1<sup>o</sup>. Men make door Werkst. XII. of XIII. eenen driehoek  $AFC$  gelijkhaltig aan het gegeven parallelogram of aan den gegeven driehoek, en met den vereischten hoek: 2<sup>o</sup>. men voltooijs  $\square AFDC$ : 3<sup>o</sup>. men stelle op  $HI$  (Werkst. XIV.) een  $\square HIKL$  daaraan gelijkhaltig, en wiens zijden den vereischten hoek maken: men trekke  $LI$ .  $\triangle HLI$  is de gevraagde.

BEWIJS. Uit II. 11. Gev. 2.

II. OPLOSSING. Fig. 39. N<sup>o</sup>. 1. blijft de zelfde als in de eerste Oplossing: het verdere geschied door Werkst. XIV. Oplossing 2, te weten: na  $LH$  op  $HI$  onder den behoorlijken hoek getrokken te hebben, maakt men  $HI : AC = AG : HL$ .

BEWIJS. Uit IV. 8. Gev. 4.

### XVI. WERKSTUK.

Op eene gegeven lijn  $HG$  het vierkant  $DB$  van eene  
 $B$ 
 $ge-$



20 *II. Boek: Over de beschr. van regtlijnige figuren.*

gegeven lijn  $AB$  te stellen; of, wat op het zelfde uitkomt, op eene gegeven lijn  $HG$  eenen regthoek  $EFGH$  te maken, die aan een gegeven vierkant  $AC$  gelijkhaltig zij.

TACQUET OP EUCLIDES VI. 16. Cor. 1. en 17. Cor. 2. — L. G. III. prob. 7.

**I. OPLOSSING.** (Fig. 36.) Door het XIV. Werkstuk van dit Boek: onderstellende den gegeven hoek regt.

**BEWIJS.** Uit IV. 8. het 4. Gevolg.

**II. OPLOSSING.** Door het V. Werkstuk van het III. Boek, makende  $HG : AB = AB : HE$ .

**BEWIJS.** Uit IV. 8. het 4. Gevolg.

**III. OPLOSSING.** (Fig. 37.) Rigt op de gegeven lijn  $HG$ , de loodlijn  $GL$ , gelijk aan de zijde van het gegeven vierkant. Trek  $HL$ : rigt op  $HL$  in  $L$  eene loodlijn  $LF$ , die  $HG$ , verlengd, ontmoet in  $F$ . Maak uit  $HG$  en  $GF$  eenen regthoek  $HFG$ : het is de gevraagde regthoek.

**BEWIJS.** Uit II. 18. of uit V. 13.

**XVII. WERKSTUK.** Fig. 38.

Een parallelogram  $IO$  te maken dat aan eene gegeven regtlijnige Figuur  $[AB C D E F]$  gelijkhaltig zij, en eenen hoek  $KIP$  gelijk aan eenen gegeven hoek hebbe.

EUCL. I. 45.

**OPLOSSING.** Men trekke uit eenigen hoek  $F$  de lijnen  $FD$ ,  $FC$ ,  $FB$ : en make dan door het XIII Werkstuk  $\square MNOP \propto \triangle ABF$ , vervolgens het overige uit het XIV. Werkstuk van dit Boek.

**XVIII. WERKSTUK.** Fig. 39

Eenen driehoek  $LHI$  te maken die gelijkhaltig zij aan eene gegeven regtlijnige Figuur  $E$ , en eenen hoek gelijk aan eenen gegeven hoek hebbe.

L. G. III. prob. 10.

**OPLOSSING.** Maak  $\square FGKL$  door het XVII. en dan  $\triangle LHI$  door het XIII. Werkstuk uit dit Boek.

**XIX. WERKSTUK.** Fig. 40.

Op eene gegeven lijn  $KL$ , een parallelogram  $[NOLK]$ , of eenen driehoek  $KML$  te maken, die gelijk zij aan eene  
ge-

gegeven Figuur, en ook, zoo men wil, eenen hoek hebben, gelijk aan eenen gegeven hoek.

CLAVIUS OP EUCL. I. 45.

OPLOSSING. Men maakt eerst door het XVII. Werkstuk het parallelogram  $FH$  gelijkhaltig met de Figuur  $ABCD$ : dan op  $KL$  het  $\square NOLK$ : of den  $\Delta KML \propto \square FCHI$  door het XV. beide uit dit Boek.

## XX. WERKSTUK. Fig. 41.

Een vierkant te maken dat gelijkhaltig zij aan eenen gegeven regthoek  $KG$ , of aan eene regtlijnige figuur.

EUCL. II. 14. — L. G. III. prob. 6. voor een vierkant gelijkhaltig aan een driehoek.

OPLOSSING. Door het XIX. Werkstuk maakt men eerst een  $\square FKIG \propto$  aan de gegeven figuur; daar na, door het 7. Werkstuk van het derde Boek,  $GL$ . Het vierkant op  $GL$  is het gevraagde.

BEWIJS. Uit II. 18. Gev. of uit V. 13.

## XXI. WERKSTUK.

Een *trapezium* waarvan twee zijden evenwijdig aan elkander zijn in zoo vele gelijke deelen te verdeelen als men begeert.

I. OPLOSSING. Fig. 42 zij  $ABCD$  het *trapezium* waarvan de zijden  $AB$ ,  $DC$  onderling evenwijdig zijn: Men maakt  $BI = IC$ : trekt  $AE$ : en gaat, voor de lijn  $DE$ , volgens het VIII. Werkstuk van het I. Boek te werk.

BEWIJS. Men bewijst eerst door I. 22. dat  $\Delta AIB = \Delta CIE$  en dat  $\Delta ADE \propto$  *trapezium*  $ABCD$ : het overige volgt uit II. 13.

II. OPLOSSING. Fig. 10. zij  $ABHP$  het *trapezium* waarvan de zijden  $AB$ ,  $PH$  onderling evenwijdig zijn: men verlange  $PA$ ,  $HB$  tot dat zij in  $C$  samenkomen, snijde  $PH$ , volgens het VIII. Werkstuk van het I. Boek, en trekke  $CI$ ,  $CD$  enz. De *trapezis*  $AVIP$ ,  $VUDI$  enz. zijn alle onderling gelijk.

BEWIJS. Uit IV. 2. en II. 13.

## GEVOLG.

De zelfde oplossingen hebben plaats voor een parallelogram, een vierkant, eenen regthoek.

22. II. Boek: Over de beschr. van regtlijnige figuren.

AANMERKING. De tweede Oplossing is ver boven de eerste te verkiezen.

XXII. WERKSTUK. Fig. 43.

Een trapezium  $ABCD$  in twee gelijkhaltige deelen  $AFKD$ ,  $BFKC$  te deelen.

OPLOSSING. Deel  $AB$  in twee gelijke deelen in  $F$  door het VII. Werkstuk van het I. Boek.

Trekt de loodlijnen  $AE$ ,  $BI$ , door het V. Werkstuk van het I. Boek.

Deel de lijn  $DC$  in  $K$ , zoo dat  $DK:KC = BI:AE$ , door het II. Werkstuk van het III. Boek.

Trek  $FK$ : en de deelen  $AFKD$  en  $BFKC$  zullen gelijkhaltig zijn.

BEREIDING voor het Bewijs. Trek  $AK$ ,  $BK$ .

BEWIJS. Uit II. 13. voor de  $\Delta\Delta AKF$  en  $FKB$ , en IV. 8. het 4. Gevolg.

---

III. AFDEELING.

OVER DE SOM EN HET VERSCHIL VAN VERSCHIEDEN REGTLIJNIGE FIGUREN.

XXIII. WERKSTUK. Fig. 44.

De som of het verschil van twee gegeven regtlijnige figuren  $A$  en  $B$ , te vinden.

CLAVIUS op EUCL. I. 45.

OPLOSSING. Door het XVII. en XIX. Werkstuk van dit Boek, maakt men den regthoek  $CDGH$  gelijkhaltig met de grootste  $A$  der gegeven figuren, en op  $DG$  den regthoek  $DEFG$  gelijkhaltig met de tweede gegeven figuur  $B$ : regthoek  $CEFH$  is het gevraagde. Indien het verschil gevonden moet worden, maakt men  $\square IDGK \propto$  figuur  $B$ ; en  $\square CIKH$  is het gevraagde.

BEWIJS. Uit II. 1. het 3. Gevolg,

XXIV.

**XXIV. WERKSTUK. Fig. 44.**

De som te vinden van zoo vele reghlijnige figuren als men wil.

CLAVIUS OP EUCL. I. 45.

OPLOSSING. Door het XVII. en XIX. Werkstuk van dit Boek, maakt men de  $\square \square$  CIKH, IDGK, DEFG gelijkhaltig met de gegeven figuren.

BEWIJS. Uit II. 1.

**XXV. WERKSTUK. Fig. 45.**

Een vierkant te maken dat gelijkhaltig zij aan de som van zoo vele vierkanten als men wil, die gemaakt zijn op gegeven lijnen A, B, C, D, E.

CLAVIUS OP EUCL. I. 47. pag. 154. N<sup>o</sup>. 6. — L. G. III. prob. 11.

OPLOSSING. Door het IV. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Door II. 16. Het vierkant op de lijn F is de gevraagde som.

**XXVI. WERKSTUK. Fig. 46.**

Een vierkant te vinden dat het verschil zij van de vierkanten, op de twee lijnen A en B beschreven.

CLAVIUS OP EUCL. I. 47. pag. 153. — L. G. III. prob. 11.

OPLOSSING. Uit het VII. Werkstuk van het I. Boek: de derde Vooronderstelling en het I. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Uit V. 7. II. 16. gev. 1. blijkt dat het vierkant op DF het verschil is der vierkanten op CD en CF, of op A en B.

**GEVOLG.**

Indien men het verschil van drie of meerder vierkanten vraagt, zal men op FD de zelfde bewerking doen als op CD.

**XXVII. WERKSTUK. Fig. 47.**

Gegeven zijnde twee vierkanten op de lijnen A en B beschreven: twee andere vierkanten te vinden die te samen aan de som der twee gegeven vierkanten gelijk zijn; het zij men die nieuwe vierkanten gelijk of ongelijk aan elkander begeere.

CLAVIUS OP EUCL. I. 47. pag. 153. N<sup>o</sup>. 4

**I. 4**

**I.**

## 84 II. Boek: Over de beschr. van regtlijnige figuren.

**I. OPLOSSING.** De I. Vooronderstelling: door I. Werkst. 7. Vooronderst. 4: I. Werkst. 3. en Vooronderst. 1: het VII. Werkstuk van het I. Boek: de 3. Vooronderstelling, het III. Werkstuk van het I. Boek, en de I. Vooronderstelling.

**BEWIJS.** Uit I. 21. V. 7. II. 16.

**II. OPLOSSING.** Indien de vierkanten ongelijk gevraagd worden kan men te werk gaan alleen door de I. Vooronderstelling en het III. Werkstuk van het I. Boek: doch dan is het Voorstel voor zoo vele Oplossingen vatbaar als men wil, daar men in den halven cirkel CFE zoo vele lijnen CF als men wil trekken kan, waarop eene andere EF loodrecht valt, en die alle aan het bedoelde voldoen zullen,

**BEWIJS.** Uit V. 7. en II. 16. Gev.

### XXVIII. WERKSTUK. Fig. 48.

Wanneer twee vierkanten EG en AC gegeven zijn, aan het kleinste derzelve eene Figuur te voegen, die aan het grootste vierkant gelijk zij, en zoo dat de geheele Figuur wederom een vierkant zij.

CLAVIUS OP EUCL. I. 47. p. 154. N<sup>o</sup>. 7.

**OPLOSSING.** Door het I. Werkstuk van het I. Boek: voor  $BI = FG$  en voor  $BM = AI$ : dan door de I. Vooronderstelling, het I. Werkstuk van het I. en V. van het II. Boek,

**BEWIJS.** Uit II. 16.

### XXIX. WERKSTUK. Fig. 49.

Indien er eene figuur van meerder dan drie zijden gegeven is, dezelve in eene even groote figuur te veranderen, doch die eene zijde minder bezit.

**OPLOSSING.** Door de I. Vooronderstelling, het VI. Werkstuk van het I. Boek, voor DE: en de I. Vooronderstelling voor FC.

**BEWIJS.** Uit II. 13.

# DERDE BOEK.

## OVER EVENREDIGE LIJNEN.

### I. WERKSTUK. Fig. 50.

Eene gegeven lijn  $AB$  in de zelfde rede te snijden als eene andere gegeven lijn  $AC$  [in  $D, E$ ] verdeeld is.

EUCL. VI. 10.

OPLOSSING. Door het 6. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Uit IV. 2. Gev. 1.

AANMERKING. De meeste dezer Voorstellen kunnen door den proportionaal-pasfer opgelost worden, gelijk genoegzaam uit den aard van het Werkstuk blijkt. Zie in de *Grondbeginsels* IV. 2. Aanm. 7.

### II. WERKSTUK. Fig. 51.

Eene gegeven rechte lijn  $FE$  zoodanig [in  $I$ ] te snijden dat hare deelen  $EI, FI$ , in de zelfde rede tot elkander staan als twee gegeven lijnen  $AB, CD$ .

CLAVIUS op EUCL. VI. 10.

OPLOSSING. Eerst uit  $F$  voor  $FH$  en  $CD$  door het I. Werkstuk van het I. Boek, dan voor  $EG$ , uit het 6 en 1 Werkstuk, dan met  $GH$  te trekken.

BEWIJS. Uit IV. 2. Gev. 1.

### III. WERKSTUK. Fig. 52.

Eene rechte lijn,  $ML$ , gegeven zijnde, eene andere  $AB$ , *doch die niet kleiner zij* dan het dubbeld van de eerstgemelde  $ML$ , zoodanig te snijden, dat de eerstgemelde  $ML$  middel-evenredig zij tusfchen de deelen  $AF, FB$ .

CLAVIUS op EUCL. VI. 13.

OPLOSSING. Door het 7. Werkstuk van het I. Boek voor  $AB$ , de derde Vooronderstelling voor  $AC$  door het 4. Werkstuk, en voor  $CD$  en  $DF$  het 6. (tweemaal gebruikt) des zelfden Boeks.

BEWIJS. Uit V. 13.

I. AANMERKING. De reden van de voorwaarde, *doch die niet kleiner zij*, enz. blijkt, om dat anderszins AC grooter zijnde dan AE, CD den omtrek des cirkels niet eens raken zoude.

II. AANMERKING. Het blijkt dat indien  $BG = AF$  gemaakt wordt, het stip G ook aan het gevraagde voldoet: en dat er gevolgelyk twee oplossingen zijn.

#### IV. WERKSTUK. Fig. 54.

Eene lijn AE te vinden die derde evenredige zij aan twee gegeven lijnen AB, en AC.

EUCL. VI. 11. — St. VI. 9.

OPLOSSING. Door de 2. Vooronderstelling, het II. en het VI. Werkstuk des I. Boeks.

BEWIJS. Uit IV. 2. Gev. 1.

#### V. WERKSTUK. Fig. 55.

Eene lijn DH te vinden, die vierde evenredige zij aan drie gegeven lijnen A, B, C.

EUCL. VI. 12. — St. VI. 10. — L. G. III. prob. 2.

OPLOSSING. Door de 2. Vooronderstelling: het II. en het VI. Werkstuk des I. Boeks.

BEWIJS. Uit IV. 2. Gev. 1.

#### VI. WERKSTUK. Fig. 53.

Wanneer drie lijnen A, B, C gegeven zijn, eene vierde GH te vinden die tot de derde C zij, als de eerste A is tot de tweede B.

CLAVIUS op EUCL. VI. 12.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het II. en het VI. Werkstuk des I. Boeks.

BEWIJS. Uit IV. 2. Gev. 1.

#### VII. WERKSTUK. Fig. 52.

Eene middelevenredige DF te vinden tusfchen twee gegeven lijnen AF en BF.

EUCL. VI. 13. — St. VI. 11. — L. G. III. prob. 3.

OPLOSSING. Na de beide lijnen in eene rigting AFB gesteld te hebben, door de 1. Vooronderstelling, het II. en het

het VII. Werkstuk, de 3. Vooronderstelling, en het III. Werkstuk des eersten Boeks.

BEWIJS. Uit V. 13.

AANMERKING. Om dit Werkstuk door den *proportionaal-pasfer* op te lossen, gebruikt men de lijn welke (Grondbeginsels IV. 24. Aanm. 2.) de lijn der *Plans* of ook de *Geometrische* lijn genoemd wordt.

Men stelde dat tusschen de lijnen P en R (waarvan P de kleinste is) eene middelevenredige moet gevonden worden. Men mete P en R, beide op de lijn van gelijke deelen, van het middelpunt des proportionaal-pasfers af, en teekene de getallen dier deelen aan: dat deze door P en R uitgedrukt worden, bijv. 36 en 100.

Men neme met een' pasfer den afstand R, stelde de eene punt (Fig. 54.) op het stip D van de *Geometrische lijn*, dat even ver van het middelpunt A af is als R op de lijn van gelijke deelen: bijv. op 100 zoo de lijn R op de lijn van gelijke deelen 100 deelen bestaat: en opene den *proportionaal-pasfer*, zoo dat de andere punt, op de geometrische lijn van het tweede blad op F, op gelijken afstand AF van het middelpunt valle, zoo dat  $AD = AR$  en  $DE = R$ .

Men stelde de punten diens pasfers op de stippen B en C der geometrische lijnen van beide de bladen, welke op den afstand P (of 36) van het middelpunt A zijn: zoo dat  $AB = AC$  (hier 36) dan is BC de middel-evenredige tusschen P en R.

Immers in de gelijkvormige driehoeken CAB en EAD is 1°.  $AD:AB = DE:BC$ : dat is  $AD:AB = R:BC$ : en derhalve  $\overline{AD}^2:\overline{AB}^2 = R^2:\overline{BC}^2$ . Maar uit den aard van de *Geometrische* lijn is 2°.  $\overline{AD}^2:\overline{AB}^2 = R:P$ : derhalve 3°.  $R:P = R^2:\overline{BC}^2$ : en 4°.  $\overline{BC}^2 = P \times R$ . dat is  $P:BC = BC:R$ : en BC is de gezochte middel-evenredige. In het gegeven voorbeeld is  $BC = 60$ .

### VIII. WERKSTUK. Fig. 52.

Gegeven zijnde de middelste ML, en de som AB der uiterste van drie evenredige lijnen, de uiterste [AF en BF] zelve te vinden.

TACQUET Cor, 2. op EUCL. VI. 13.



OPLOSSING. Door het VII. Werkstuk, de 3. Vooronderstelling, het IV. Werkstuk. het II., het VI. tweemaal gebruikt: alle uit het I Boek.

BEWIJS. Door V. 13.

#### IX. WERKSTUK.

Tusschen twee gegeven lijnen A en B, drie, of zeven, of vijftien middel-evenredige te vinden; in één woord, zoo vele als er door de gedurige optelling van de leden dezer geometrische progressie 1, 2, 4, 8, 16, 32. enz. ontstaan kunnen,

TACQUET Cor. 3. op EUCL. VI. 13:

OPLOSSING. Door het VII. Werkstuk.

I. AANMERKING. De reden waarom men slechts 3, of 7, of 15 enz., middel-evenredigen vinden kan, dat is, altijd on-even in getal, is deze. Men kan door de Meetkunde maar *éene* middel-evenredige tusschen twee lijnen vinden: Indien er dan twee lijnen A en B gegeven zijn, vindt men er door het VII Werkstuk eene derde [C] die tusschen deze middel evenredig is: Men kan er wederom eene [D] vinden tusschen de eerste lijn A, en de eerste middel-evenredige C, en eene [E] tusschen deze C en de tweede gegeven lijn B: dus in het geheel 3. Tusschen deze vijf lijnen, kan men er wederom 4 vinden, namelijk tusschen A en D, D en C, C en E, E en B, dat is in het geheel 7, enz.

II. AANMERKING OVER HET VINDEN VAN TWEE MIDDEL-EVENREDIGE. De Ouden hebben reeds veel moeite aangewend ter oplossing van het vraagstuk, „tusschen twee gegeven lijnen twee middel-evenredige te vinden.” Doch dit kan door de enkele Meetkunde, in den striksten zin namelijk, dien de Ouden aan dat woord gaven, dat is door cirkel en rechte lijn alleen, niet geschieden. Eutocius heeft breedvoerig over dit stuk gehandeld, in zijne *Commentarius* op het tweede Voorstel des II. Boeks van ARCHIMEDES de *sphaera et cylindro*: en daarin opgegeven de handelwijzen van PLATO, van HERO, van PHILO van *Byzantium*, van APPOLLONIUS, van DIOCLES, van PAPPUS, van SPORUS, van MENECHMUS, van ARCHITAS, van ERATOSTHENES en van NICOMEDES. De wijze van NICOMEDES is ook door PAPPUS uitgelegd in zijne *Collect. Mathem.* IV. 22, 23

Alle deze oplossingen kunnen tot twee algemeene soorten gebracht worden: tot die welke door andere lijnen dan den cirkel verrigt worden, en die welke men volbrengt door rechte lijnen, of rechte lijn en cirkel, wel is waar niet op eene *geometrische*, maar op eene *mechanische* wijze.

Wat de eerste soort dier oplossingen betreft: komt eerst in aanmerking die, welke of door eene kromme lijn, genoemd de *conica*

*conchoïde*, of *schulptrek* van NICOMEDES, of door de *cisfoïde* of *klimtrek* van DIOCLES verrigt worden, twee zoogenoemde *mechanische* kromme lijnen, wier eigenschappen en derzelver toepassing op dit vraagstuk om twee middel-evenredige te vinden, men kan nagaan, in het voortreffelijk werk van den Heer J. FLORYN, *Grondbeginsels der hoogere Meetkunde*, II Boek, voor de CONCHOÏDE Hoofdd. I. prop. 5: en voor de CISFOÏDE Hoofdd. II. prop. 7. en ook CLAVIUS, *Geom. Practica* V. 13.

Vervolgens komen hier in aanmerking de oplossingen door die kromme lijnen welke men *kegelsneden* noemt; MRNECHMUS heeft het beroemde vraagstuk opgelost door de snijding van eene *parabel* en eene *hyperbel*, en ook door de snijding van twee *parabels*.

Deze oplossingen, als geschiedende door kromme lijnen die niet tot de eigenlijk gezegde Grondbeginsels der Meetkunde behoren, kunnen niet door ons opgegeven worden: Men zie over de laatstgenoemde, *Geometria CARTESII Lib. III. p. 91* in de uitgave van VAN SCHOOTEN: en ABR. DE GRAAF, *Analysis*, III. Boek, 24. Werkstuk: en voor die welke dieper in de zaak willen indringen, SLUSII *Mesolabum*.

De overige Oplossingen zijn die, welke door cirkels en rechte lijnen, doch op eene mechanische, en niet op eene geometrische wijze geschieden. Wij zullen er eenige opgeven.

I. OPLOSSING. Van PLATO. Fig. 56. Wij hebben de gronden van dezelfde reeds opgegeven in IV. 15. Gev. 4. Men voege de lijnen FD, DB, tuschen welke twee middel-evenredige gevonden moeten worden bij elkander, zoo dat zij eenen regten hoek FDB maken: men verlange ze beide naar M en N. Men neme twee winkelhaken FAC, ECB: en schikke dezelve zoo, dat terwijl de kruin A des regten hoeks FAC op de lijn BDM blijve, het eene been door F, uiteinde der lijn DF gaa, terwijl, de kruin C van den tweeden winkelhaak ECB, die zich langs het been AC des eersten beweegt, op de verlenging van de lijn FD. ergens in C vallende, het andere BC, juist het uiteinde B, der tweede gegeven lijn DB rake: als dan zullen de twee lijnen AD, DC middel-evenredig zijn tuschen FD, DB. zoo dat  $DF:AD = AD:DC = DC:DB$

Zie ook TACQUET op EUCL. VI. 13. SCHOLIUM.

II. OPLOSSING van CARTESIUS. Fig. 57. Deze heeft, om dat zij ook door behulp van winkelhaken geschied, vrij wat overeenkomst met die van PLATO: doch zij strekt zich verder uit, om dat zij geschikt is om niet alleen twee, maar ook vier, zes, acht, enz. middel-evenredige te vinden. Wij hebben hare gronden in IV. 15. Gev. 5. uitgelegd. Men hebbe eenen zwaai YAZ, waarvan het middelpunt, waarop de beenen YA en ZA zich bewegen zij A. Men hebbe boven dien verscheidene winkelhaken, drie om twee middelevenredige te kunnen trekken: vijf om er vier te trekken: en zoo voorts, altijd met twee opklimmende

Van deze winkelhaken beweegt zich een gedeelte op het been AY, een ander gedeelte op het been AZ des zwaais: het geen door middel van eene sponning, in eene sleuf beweegbaar, gemakkelijk te verrigten valt.

Men neemt, uit het middelpunt A, op het eene been van den zwaai

zwaai de lijn AC, en op het ander de lijn AL tusschen welke men twee middel-evenredige zal vinden.

Men moet de opening van den zwaai zoo schikken, dat als de kruin des winkelhaaks ICB op C valt, de winkelhaak IBN, tegen B, alwaar het been CB valt, geschoven wordt. en AY in I snijdt, het been IL des winkelhaaks KIL, wiens kruin op I gesteld wordt in L, uitslende der lijn AL, valle: welke schikking door toetsen gevonden wordt, en dus eene mechanische oplossing geeft: Het blijkt uit IV. 15. Gev. 5. dat  $AC:AB = AB:AI = AI:AL$ : en derhalve dat AB en AI de twee gevraagde middelevenredige zijn.

Zie ook TACQUET op EUCL, VI. 13. Scholiam.

III. OPLOSSING VAN HERO, Fig. 58. welke door EUTOCIUS is opgegeven, en door middel van een liniaal geschied.

Men vereenige de lijnen AB en BG, tusschen welke men twee middel-evenredige zoekt, onder eenen rechten hoek GBA: men voltooijs den rechthoek BADG: verlange de zijden DA en DG onbepaaldelijk; en trekke de diagonalen GA en BD, die zich in E, in gelijke deelen snijden. Men bewege een liniaal BH op het stip B, tot dat het de lijnen DG en DA in de stippen Z en H zoodanig snijde, dat  $EZ = EH:AH$  en ZG zullen de twee middel-evenredige zijn.

Bewijs. Men trekke uit E, ET loodrecht op DG: die gevolgelijk  $GT = TD$  maakt.

Derhalve is uit II. 5. Regth. uit DZ en ZG +  $\square$  op GT  $\propto \square$  op TZ: en derhalve Rh. uit DZ en ZG +  $\square$  op GT +  $\square$  op ET  $\propto \square$  op TZ +  $\square$  op ET: dat is door II. 16. Rh. uit DZ en ZG +  $\square$  op EG  $\propto \square$  op ZE.

Op de zelfde wijze, is Rh. uit DH en HA +  $\square$  op EA  $\propto \square$  op EH: maar  $EH = ZE$ : derhalve Rh. uit DZ . ZG +  $\square$  op EG  $\propto$  Rh. uit DH en AH +  $\square$  op EA; en om dat  $GE = EA$ , is Rh. uit DZ en ZG  $\propto$  Rh. uit DH en AH: en derhalve (IV. 8. Gev. 3.)  $DZ:DH = AH:ZG$ : maar  $DZ:DI = ZG:GB = BA:AH$ :

Gevolgelijk  $AH:ZG = ZG:GB = BA:AH$ ; of  $BA:AH = AH:ZG = ZG:GB$ : derhalve zijn AB, AH, ZG, BG. gedurig evenredig.

Zie CLAVIUS, Geometria Practica, Lib. VII, prop. 15.

IV. OPLOSSING VAN PHILO van Byzantium, Fig. 59.

Deze wordt verrigt door middel van den cirkel, en een liniaal wiens ligging door toetsing geschikt moet worden.

Men vereenige de lijnen AB, BC tusschen welke men twee middel-evenredige wil vinden, onder eenen rechten hoek ABC; men trekke AC; beschrijf om den driehoek ABC eenen cirkel BADC; en voltooijs den rechthoek BACD

$BADC$ , waarvan men de zijden  $DA$ , en  $DC$  onbepaaldelijk verlengt. Men bewege een liniaal  $FBG$ , zoodanig om den top  $B$  des regten hoeks  $ABC$ , dat de deelen  $FO$ ,  $BG$  deszelfs door den omtrek des cirkels en de verlengde lijnen  $DA$ ,  $DC$ , afgesneden, gelijk zijn; dan is  $\frac{AB}{FA} = \frac{GC}{BC}$ .

Bewijs. Uit V. 17. Gev. 4.

Zie ook CLAVIUS, *Geom. Practica*, VI. 15.

V. OPLOSSING van VIETA: deze geschied ook door middel van cirkel en liniaal, Fig. 60.

Men trekke eenen cirkel  $PKDH$  waarvan de grootste der gegeven lijnen, de lijn  $KD$  de middellijn zij. Men trekke in den cirkel eene lijn  $PH$  gelijk aan de kleinste der twee gegeven lijnen, en verlange dezelve naar welgevalen. Uit het eene stip  $H$  waar zij den omtrek snijdt, neme men het deel  $HL = HP$ , of aan de tweede gegeven lijn: en trekke uit  $L$ ,  $LC$ , door het middelpunt, vervolgens uit  $P$  eene onbepaalde lijn  $PI \parallel LC$ ; men neme een liniaal, en bewege het zelve om het middelpunt, tot dat het de verlengde lijn  $PH$  ontmoete in  $A$ , zoo dat  $AG = CK$  of aan de halve middellijn, d. i. aan de helft der grootste gegeven lijn. Dan zijn  $AP$  en  $AK$  middel-evenredig tusfchen  $DK$  en  $HP$ .

Bewijs. Uit V. 17. Gev. 3. Aanm. 3.

Deze oplossingen zijn voor onze bedoeling genoeg: andere ga men bij EUROCIUS na.

VI. OPLOSSING door den *proportionaal-pasfer*.

Men gebruikt daartoe de lijn die wij de lijn der *solida*, of der *ligchamen*, genoemd hebben (XI. 36. Aanm.) en die met het woord *cubic* bestempeld is.

Dat de lijnen  $P$  en  $S$  de twee lijnen zijn tusfchen welke er twee middel-evenredige moeten gevonden worden. Men mete  $P$  en  $S$ , op den *proportionaal pasfer*, op de lijn van gelijke deelen van het middelpunt des pasfers af: men teekene die deelen aan: laten dezelve zijn bijv. 160 en 20.

Men neme met den gewonen pasfer de grootte van  $S$ , de grootste der twee gegeven lijnen.

Men stelde op de beide bladen (Fig. 50.)  $AB$ ,  $AC$ , des *proportionaal-pasfers*, op de lijnen nam. der *ligchamen*, de eene punt op  $B$ , die even ver op die lijn van het middelpunt  $A$  af is, als  $S$  op de lijn der gelijke deelen was

was (hier op 160) en men opene den *proportionaal-pasfer* tot dat de andere punt valle op C, op gelijken afstand op de lijn der lichamen van het tweede blad.

Men stelde de punt van dien pasfer op G, van de lijn der lichamen, op den zelfden afstand van A, als P was op de lijn der gelijke deelen (hier op 20) en mete den afstand van G tot E, dat op gelijken afstand als G staat op de zelfde lijn van het ander blad AC.

EG is de grootste der twee gevraagde middel-evenredige lijnen.

Immers: uit de driehoeken CAB en EAG is 1°.  $AB:AG = BC:EG$ : dus hier

2°.  $AB:AG = S:EG$ : en derhalve

3°.  $\overline{AB^3}:\overline{AG^3} = S^3:EG^3$ : maar uit den aard van de lijn der lichamen is

4°.  $AB^3:AG^3 = S:P$ : derhalve

5°.  $S^3:\overline{EG^3} = S:P$ : maar (III. 15.)

Indien vier grootheden S, R, Q, P in eene gedurig evenredigheid zijn is 6°.  $S:P = S^3:R^3$ :

Derhalve 7°.  $S^3:EG^3 = S^3:R^3$ : en derhalve  $EG = R$ , gelijk aan de grootste der twee gezochte evenredige

EG gevonden zijnde, neemt men eene middel evenredige tusfchen S en EG (Werkstuk VII. Aanm.) die tweede der gevraagde, of de kleinste der twee gevraagde, zijn zal.

#### X. WERKSTUK. Fig. 61.

De rede die er tusfchen twee gegeven lijnen AB, plaats heeft, doch waarvan de eerste grooter is dan tweede, zoo ver men wil te verlengen, en de som alle de leden aantewijzen.

TACQUET op EUCL. VI. 11.

OPLOSSING. Men rigt (door het IV. Werkstuk uit h. Boek) AD ⊥ op AB en door het III. BE ⊥ op AB: maakt door het II. AD = AB, BE = BC: men DE tot dat dezelve AB, verlengd, in F ontmoete: men CG ⊥ op AF, maakt CN = CG en trekt HN ⊥ op men maakt NI = HN en IK ⊥ op AF enz. AB, CN, NI enz. zijn de leden, en AF is de som van a

BEWIJS. Door het II. Voorstel van het IV. Boek, eigenschappen der evenredigheden; vooral III. 8.

Immers  $AF:BF = AD:EB = AB:BC$   
 derhalve  $BC:BF = AB:AF$ : en  
 $BC - BF:BF = AF - AB:AF$ : d. i.  
 $CF:BF = BF:AF = BC:AB = CG:BE = BE:$   
 $AD$ : of  
 $AD:BE = BE:CG$ : dat is  
 $AB:BC = BC:CN$   
 en zoo voorts, zoo dat  $AB, BC, CN, NI$  enz. eene  
 geometrische reeks uitmaken.

AANMERKING. Hoewel men het getal der leden zoo groot  
 kan nemen als men wil, is hunne som eene bepaalde lijn  
 $AF$ , om dat de leden in eene bepaalde rede (van  $AB:$   
 $BC$ ) afnemen. Zie het geen wij gezegd hebben III. Boek  
 XV. Voorst. Gev. 6.

### XI. WERKSTUK.

Eene lijn in uiterste en middelste rede te snijden.

EUCL. VI. 30. — L. G. III. prob. 4.

OPLOSSING. Zij is de zelfde als voor het X. Werkstuk van  
 het I. Boek.

### XII. WERKSTUK. Fig. 62.

Eene lijn  $AD$  in harmonische evenredigheid te deelen:  
 dat is, volgens de 2. Aanmerking op de 23. Bepaling van  
 het III. Boek, de lijn  $AD$  zoodanig in drie deelen  $AB,$   
 $BC, CD$ , te deelen, dat de geheele lijn  $AD$  tot eene  
 der uitersten  $AB$  bijv. staa, zoo als de andere  $CD$  tot het  
 middelste deel  $BC$ .

CLAVIUS ad EUCL. VI. 17. §. 7. — LA HIRE Section. Con. prop. 1.

OPLOSSING. Trek  $DG$  en  $AG$  naar willekeur.

Trek uit een stip  $B$  naar willekeur, op de lijn  $AD$  geno-  
 men,  $BE$  evenwijdig aan  $DG$ , door het VI. Werkstuk van  
 het I. Boek.

Verleng  $EB$  in  $F$  tot dat  $BF = EB$  door het II. Werkst.  
 Trek  $GF$ .

BEWIJS.  $\triangle ADG \sim \triangle ABE$  en  $\triangle DGC \sim \triangle BFC$ :  
 dus: IV. 2.

$AD:AB = DG:BE$  of  $BF$

Maar  $DG:BF = DC:BC$ :

dus  $AD:AB = DC:BC$ : (III. 11.)

C

VIER.

## VIERDE BOEK.

### OVER DE REDE EN DE GELIJKVORMIGHEID VAN REGTLIJNIGE FIGUREN.

#### I. WERKSTUK. Fig. 63.

De rede van twee regtlijnige Figuren, A, B, door twee regte lijnen H G, G F, uittedrukken.

OPLOSSING. Door Werkstuk XVII. van het II. Boek maakt men eerst den regthoek H C D G gelijkhaltig aan de gegeven figuur A; vervolgens door Werkstuk XIX. maakt men op de als dan bepaalde lijn G D, den regthoek G D E F gelijkhaltig met de gegeven Figuur B.

BEWIJS. Uit IV. 7.

#### GEVOLG.

De rede van twee vierkanten kan insgelijks door regte lijnen uitgedrukt worden.

OPLOSSING EN BEWIJS. Door V. 15.

#### II. WERKSTUK. Fig. 64.

Op eene gegeven lijn C D eene regtlijnige figuur te maken die aan eene gegeven regtlijnige figuur gelijkvormig zij.

EUCL. VI. 18. — St. VI. 15. — L. G. III. prob. 13.

OPLOSSING. Door II. Werkstuk 4., Aanm. 2.

BEWIJS. Uit IV. 23.

#### III. WERKSTUK. Fig. 65.

Eene Figuur N te vervaardigen, die aan eene gegeven figuur L gelijkvormig, en aan eene andere M gelijk zij.

EUCL. VI. 25. — L. G. III. prob. 6.

OPLOSSING. Voor  $\square$  A H  $\propto$  fig. L uit het XVII. Werkstuk van het II. Boek; insgelijks op B H voor  $\square$  B D  $\propto$  fig. M. Vervolgens voor F C door het VII. Werkstuk van het III. Boek; en dan voor N  $\hookrightarrow$  L door het II. van dit Boek.

BE-

**IV. Boek: Over de rede en gelijkv. van regtl. figuren. 39**

**BEWIJS.** Uit IV. 24. is  $N : L = \square$  op  $FC : \square$  op  $AB$ .

Maar om dat  $AB : FC = FC : BC$

is  $\square$  op  $FC \propto$  Rh. uit  $AB, BC$

derhalve  $N : L =$  Rh. uit  $AB, BC : \square$  op  $AB$   
 $= BC : AB$

$L : M = AB : BC$  (IV. 7.)

derhalve  $N : M = BC : AB : BC$   
 en  $N \propto M$ .

**IV. WERKSTUK.**

De eveneensstaande zijden  $a, b$  van twee gelijkvormige figuren gegeven zijnde, de reden van die figuren door regte lijnen uittedrukken.

**OPLOSSING.** Door het IV. Werkstuk van het III. Boek.

**BEWIJS.** Om dat  $a : b = b : c$  is

Rh. uit  $a$  en  $c = \square$  op  $b$ :

Maar (IV. 24.) Fig. op  $a$ : tot  $\curvearrowright$  fig. op  $b = \square$  op  $a$ :  
 $\square$  op  $b = \square$  op  $a$ : Rh. uit  $a$  en  $c = a : c$ .

**V. WERKSTUK.**

Wanneer de rede van twee gelijkvormige figuren  $[A, B]$  door twee lijnen  $[M, N]$  uitgedrukt is, de rede van derzelver eveneensstaande zijden  $[a, b]$  te vinden.

**OPLOSSING.** Tusschen  $M$  en  $N$  door het VII. Werkstuk van het III. Boek.

**BEWIJS.** Om dat fig.  $A : \text{fig. } B = \square$  op  $a : \square$  op  $b$   
 en  $M : N = \text{fig. } A : \text{fig. } B$  is

$M : N = \square$  op  $a : \square$  op  $b$ : en  $M : N : N^2 = a^2 : b^2$

Maar  $M : x = x : N$ : derhalve

$\square$  op  $x^2 \propto$  Regth. uit  $M$  en  $N$

derhalve  $x^2 : N^2 = a^2 : b^2$  en  $b : a = N : x$ .

**VI. WERKSTUK.**

Eenen veelhoek  $N$  te maken, die aan eenen anderen veelhoek  $M$ , waarin eene zijde  $A$  bekend is, gelijkvormig, en tevens een bepaald veelvoud  $m$  van den zelve zij.

L. G. III. prob. 19.

**OPLOSSING.** Tusschen  $A$  en  $m \cdot A$  door het VII. Werkstuk van het III. Boek: en dan op die middel-evenredige door het II. Werkstuk van dit Boek, den veelhoek  $N$   $\curvearrowright$  veelh.  $M$ .



36 *IV. Boek: Over de rede en gelijkv. van regtl. figuren.*

BEWIJS. Om dat  $m A : B = B : A$   
 is  $B^2 = m A^2$

maar fig. N: fig. M =  $B^2 : A^2$ :

derhalve fig. N: fig. M =  $m A^2 : A^2 = m : 1$ .

AANMERKING. Daar de cirkels gelijkvormige figuren zijn, waarvan de inhouden tot elkander staan als de vierkanten der middellijnen: (zie het zevende Boek der Grondbeginsels, Voorstel X. Gev. 1: en Voorstel XVI. Gev. 1.) geldt dit Voorstel (gelijk ook de twee volgende) voor de cirkels, even als voor de veelhoeken.

VII. WERKSTUK.

Eenen veelhoek N te maken, die aan den gegeven veelhoek M, waarvan eene zijde [A] bekend is, gelijkvormig, en tevens een bepaald gedeelte  $\frac{1}{m}$  van den zelve zij.

OPLOSSING. Tusschen  $\frac{A}{m}$  en A door het VII. Werkstuk van het III. Boek: dan op die middel-evenredige door het II. Werkstuk van dit Boek N  $\curvearrowright$  M.

BEWIJS. Om dat  $\frac{A}{m} : B = B : A$

is  $B^2 = \frac{A^2}{m}$ : Maar fig. N: tot fig. M =  $B^2 : A^2$

=  $\frac{A^2}{m} : A^2 = \frac{1}{m} : 1$ .

GEVOLG.

Daar alle vierkanten gelijkvormige figuren zijn, geldt dit Werkstuk ook voor de vierkanten, en deszelfs oplossing geeft dus de oplossing van dit Werkstuk.

„ Een vierkant te maken, dat een bepaald gedeelte zij  
 „ van een gegeven vierkant.”

L. G. III. prob. 12.

AANMERKING. Dit Voorstel kan ook door V. 15. Gev. opgelost worden.

VIII. WERKSTUK. Fig. 66.

Eene Figuur M te maken, die gelijk zij aan de som van  
 206

*IV. Boek: Over de rede en gelijkv. van regtl. figuren. 37*

zoo vele gelijkvormige Figuren A, B, C, D, enz. als men wil, waarvan de eveneens geplaatste zijden, *a*, *b*, *c*, *d*, enz., bekend zijn, en die tevens gelijkvormig aan allen zij.

L. G. III. prob. 14.

OPLOSSING. Door het IV. en I. Werkstuk van het I. Boek: en het II. van dit Boek.

BEWIJS. Uit IV. 26.

I. AANMERKING. Om eene figuur te maken die het verschil zij van twee gegeven gelijkvormige figuren, en tevens gelijkvormig zij aan dezelve, gaat men te werk volgens het 26. Werkstuk van het tweede Boek en het II. van dit Boek.

II. AANMERKING. Daar de cirkels gelijkvormige figuren zijn, en onderling staan als de vierkanten der middellijnen, of der *radii*, geldt deze oplossing ook voor cirkels.

# V I J F D E B O E K,

## OVER DEN CIRKEL.

### I. A F D E E L I N G.

#### OVER HET MIDDELPUNT VAN DEN CIRKEL, EN DE LIJNEN DIE TOT DEN CIRKEL GETROKKEN WORDEN.

##### I. WERKSTUK.

Het middelpunt C van een gegeven cirkel te bepalen.

EUCL. III. 1. — St. IN. 2. — L. G. II. prob. 13.

I. OPLOSSING. Fig. 67. doot de eerste vooronderstelling het VII. en III. en wederom het VII. Werkstuk van het I Boek.

BEWIJS. Uit V. 9. Gev.

II. OPLOSSING. Fig. 68. Uit de eerste vooronderstelling: het IV. Werkstuk van het I. Boek: de 1. vooronderstelling, het VII. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Uit V. 7.

##### II. WERKSTUK. Fig. 69.

Gegeven zijnde een boog ADE, of een cirkelstuk ADEA, het middelpunt daarvan te vinden, en den gegebenen cirkel te voltoojen.

EUCL. III. 25. — St. III. 2.

OPLOSSING. Door de eerste vooronderstelling: het VII. en III. Werkstuk van het I. Boek op AD en op AE toegepast.

BEWIJS. Uit V. 9. het Gevolg.

##### III. WERKSTUK. Fig. 70.

In den cirkel ABC eene lijn AB te trekken die gelijk zij aan eene gegeven lijn N, doch welke kleiner is dan de middellijn.

EUCL. IV. 1.

*I. Afd.: Over het middelp. en de lijnen tot den cirkel. 39*

**OPLOSSING.** Door het I. Werkstuk van het I. Boek en de III. Vooronderstelling.

**BEWIJS.** Uit V. 11. het 1. Gevolg.

**AANMERKING.** Het blijkt dat men altijd twee dergelijke gelijke lijnen in den cirkel trekken kan.

**IV. WERKSTUK. Fig. 71.**

In den cirkel DKF eene regte lijn IK te trekken, die gelijk zij aan eene gegeven lijn AB, doch kleiner dan de middellijn, en tevens aan eene andere gegeven lijn C evenwijdig.

CLAVIUS op EUCL. IV. 1.

**OPLOSSING.** Voor DF door het VI. Werkstuk, het VII. twee malen, het III. twee malen, alle uit het I. Boek: en de 3. Vooronderstelling.

**BEWIJS.** Uit V. 11. het 1. Gev. en I. 31.

---

**II. AFDEELING.**

**OVER DE CIRKELSTUKKEN EN CIRKELBOGEN.**

**V. WERKSTUK. Fig. 72.**

Op eene gegeven lijn AB een cirkelstuk te beschrijven, dat eenen gegeven hoek N bevatten kan.

EUCL. III. 33. — St. III. 21. — L. G. II. prob. 16.

**OPLOSSING.** Voor hoek EAB door I. Werkst. 12: voor AH door I. Werkst. 4.: voor BH door I. Werkst. 12. en dan door Vooronderst. 3. Het cirkelstuk AOB is het gezochte.

**BEWIJS.** Uit V. 8.

**VI. WERKSTUK. Fig. 73.**

Van een' gegeven cirkel ABC een stuk BCA aftefnijden, dat eenen gegeven hoek N bevatten kan.

EUCL. III. 34. — St. III. 22.

OPLOSSING. Voor DB door de 1. Vooronderstelling: voor EB door het IV. Werkstuk van het I. Boek, voor  $\angle EBA$  I. Werkst. 12. het cirkelstuk ACB is het gevraagde.

BEWIJS. Door V. 8.

### VII. WERKSTUK. Fig. 74.

Eenen cirkelboog ADB, of een cirkelstuk, in twee gelijke deelen te snijden.

EUCL. III. 30. — St. III. 17.

OPLOSSING. Door het VII. en het III. Werkstuk van het I. Boek.

BEREIDING TOT HET BEWIJS. Trek AD, DB,

BEWIJS. Uit I. 21. en V. 6. het 5. Gevolg.

AANMERKING. Op die wijze kan men door eene gedurige verdeeling in twee gelijke deelen eenen hoek in een even getal deelen, dat of 2, of eenige magt van 2 is. Doch men kan *Geometrisch*, in den striksten zin, geen boog in drie, of in een oneven getal, deelen snijden, op die uitzonderingen na welke wij in de volgende Vraagstukken melden zullen. De Aanmerking die wij op het XVI. Werkstuk van het I. Boek gemaakt hebben, geldt hier ten vollen: want eenen boog of eenen hoek te deelen is het zelfde, daar de een de maat van den anderen is.

### VIII. WERKSTUK. Fig. 75.

Eenen boog die het vierde deel van den omtrek is, in drie gelijke deelen te verdeelen.

OPLOSSING. Door het II. Werkstuk van het II. Boek, en het V.I. van dit, of het XV. van het I. Boek.

BEWIJS. Uit V. 6. het 5. en 3. Gev.

### IX. WERKSTUK. Fig. 76.

Eenen boog, die het vierde gedeelte van den omtrek is, in vijf gelijke deelen te verdeelen.

OPLOSSING. Maak op BC, den  $\Delta DCB$  door het XI. Werkstuk van het II. Boek, en voor CE door I. Werkstuk 15.

BEWIJS. Uit V. 6. het 5. en 3. Gev.

X. WERKSTUK. Fig. 77.

Eenen cirkel te beschrijven, die door drie gegeven stippen gaat.

- OPLOSSING. Zij is de zelfde als de Bereiding van V. 2. in de Grondbeginsels.

BEWIJS. Uit V. 2. Gev.

III. A F D E E L I N G.

OVER DE RAAKLIJNEN VAN DEN CIRKEL,  
EN DE CIRKELS DIE ELKANDER RAKEN.

XI. WERKSTUK. Fig. 78.

Uit een gegeven stip A in den omtrek, eene raaklijn D A E aan den cirkel te trekken.

OPLOSSING. Voor CA door de 1. Vooronderstelling en voor D A E door het IV. Werkstuk van het I. Boek.

BEWIJS. Uit V. 3.

XII. WERKSTUK.

Uit een gegeven stip A buiten den cirkel eene raaklijn aan denzelfden te trekken.

EUCL. III. 17. — St. III. 19. — I. G. II. probe 14.

I. OPLOSSING. Fig. 79. Door de 1. Vooronderstelling voor AC: dan door het VII. Werkstuk van het I. Boek, de 3. en 1. Vooronderstelling.

BEREIDING. Trek CD, CB.

BEWIJS. Uit V. 7 en 3.

II. OPLOSSING. Fig. 80. Door de 1. en 3. Vooronderstelling; voor CA en  $\cap$  K A I; door het III. Werkstuk van het I. Boek, voor K E I; en de 1. Vooronderstelling voor AD, en AB.

BEWIJS. Uit I. 21. voor de  $\Delta\Delta$  A C B en E C I: waaruit volgt  $\angle CBA = \angle CEI = L$ : en dus uit V. 3. is AB raaklijn.

**AANMERKING.** Het blijkt uit beide de oplossingen, dat men uit het stip A altijd twee raaklijnen zal kunnen trekken, die aan elkander gelijk zullen zijn: het geen reeds uit V. 20. het 2. Gev. bekend is.

### XIII. WERKSTUK. Fig. 81.

Eene lijn KG, die den cirkel raakt, gegeven zijnde, het stip E van aanraking te bepalen.

**OPLOSSING.** Voor HIG door de 1. Vooronderstelling, het VII. Werkstuk van het I. Boek: en door de 4. Vooronderstelling.

**BEREIDING** Trek EH.

**BEWIJS.** Uit V. 3. en 7.

### XIV. WERKSTUK. Fig. 82.

Eene lijn EG te trekken, die den cirkel rake, en evenwijdig zij aan eene lijn AB, die den cirkel snijdt.

CLAVIUS op EUCL. III. 17. p. 273.

**OPLOSSING.** Voor CD door het V. en voor EDG door het IV. Werkstuk van het I. Boek.

**BEWIJS.** Uit V. 3. en I. 8.

### XV. WERKSTUK.

Twée cirkels gegeven zijnde, doch die elkander niet geheel insluiten, eene lijn te trekken, die ze beide raakt.

CLAVIUS op EUCL. III. 17. p. 267.

Er zijn twee gevallen: want de cirkels zijn of gelijk, of ongelijk in grootte.

#### I. GEVAL. Fig. 83.

**OPLOSSING.** Door de 1. Vooronderstelling, het IV. Werkstuk van het I. Boek, voor GA en KD en de 1. Vooronderstelling voor AD.

**BEWIJS.** Uit I. 31. en V. 3.

#### II. GEVAL. Fig. 84.

**OPLOSSING.** Door de 3. Vooronderstelling, uit G eenen radius  $GP = GC = EK = GD$ : verder door de het vierde, en XII. Werkstuk van dit Boek voor KP: doe  
Voe

### *III. Afd : Over de raakl. en de cirkels die zich raken. 43*

Vooronderst. I. voor GN; door I. Werkstuk 6, voor KO, en de 1. Vooronderstelling voor NO.

BEWIJS. Uit I. 31. en V. 3.

#### **XVI. WERKSTUK. Fig. 85.**

Eenen cirkel te trekken, die eene gegeven lijn AC in een gegeven stip B raakt, en door een gegeven stip E gaat.

OPLOSSING. Door I. Werkstuk 3 voor BG: door Vooronderstelling I. voor BE; door II. Werkstuk 3. voor AEDB en door Vooronderstelling 4.

BEWIJS. Door V. 3.

#### **XVII. WERKSTUK. Fig. 88, a, b, c.**

Eenen cirkel te trekken, die door een gegeven stip A gaat, en eenen anderen gegeven cirkel inwendig, of uitwendig, raakt.

CLAVIUS op EUCL. III. 17. p. 269.

Er zijn drie gevallen, naar mate het stip A op den omtrek, buiten den omtrek, of binnen den omtrek valt.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het VII. Werkstuk van het I. Boek, en de 3. Vooronderstelling.

AANMERKING. Het blijkt 1°. dat men in het eerste geval op de lijn AD zoo vele stippen als men wil nemen kan, die de middelpunten van even zoo vele cirkels zijn zullen, welke allen aan het gevraagde zullen voldoen.

2°. Dat in beide de andere gevallen, zoo dra men door het gegeven stip A en het middelpunt des gegeven cirkels de lijn AB getrokken heeft, er altijd twee cirkels zijn zullen die aan het gevraagde voldoen.

#### **XVIII. WERKSTUK. Fig. 86.**

Een stip A buiten den cirkel BCD gegeven zijnde, eenen cirkel te trekken die door dat stip gaat, en den gegeven cirkel uitwendig zoodanig raakt, dat geen van beide de cirkels binnen den anderen valle.

CLAVIUS op EUCL. III. 17. p. 270.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het VII. Werkstuk van het I. Boek, en de 3. Vooronderstelling.

**XIX,**



## XIX. WERKSTUK. Fig. 87.

Twee cirkels gegeven zijnde, eenen derden te trekken die ze beiden raakt, en wiens middelpunt in dezelfde rechte lijn zij met de middelpunten der gegeven cirkels.

CLAVIUS OP EUCL. III. 17. p. 271.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het VII. Werkstuk van het I. Boek, en de 3. Vooronderstelling.

BEWIJS. Uit V. 23.

I. AANMERKING. Het blijkt dat wanneer de cirkels geheel buiten, of geheel binnen, elkander vallen, men altijd vier cirkels vinden kan die aan het gevraagde voldoen: doch slechts twee, wanneer de cirkels elkander snijden.

II. AANMERKING. Wanneer men uit elk der middelpunten van de twee gegeven cirkels, met eene opening gelijk aan de som van den *radius* van dien cirkel, en van den *radius* des cirkels dien men voor den rakenden cirkel nemen wil, bogen beschrijft, zal het stip daar die bogen elkander snijden, altijd het middelpunt zijn van den cirkel die beide de gegeven raken zal.

## ZESDE BOEK.

### OVER DE BESCHRIJVING DER FIGUREN IN EN OM DEN CIRKEL.

#### I. WERKSTUK. Fig. 89.

In eenen gegeven cirkel  $ABHC$ , eenen driehoek  $BAC$  te beschrijven, die gelijkhoekig zij aan eenen gegeven driehoek  $DFE$ .

EUCL. IV. 2. — St. IV. 1.

OPLOSSING. Voor  $MAN$  door V. Werkstuk 11. Voor  $\angle BAM = \angle F$  en  $\angle CAN = \angle D$ , door I. Werkst. 12.

BEWIJS. Uit V. 8.

#### II. WERKSTUK. Fig. 90.

Om eenen gegeven cirkel eenen driehoek  $GLH$  te beschrijven, die met eenen gegeven driehoek  $CAB$  gelijkhoekig zij.

EUCL. IV. 3. — St. IV. 2.

OPLOSSING. Men verlengt eene zijde  $CB$  van den driehoek. Voor  $FM$  door 1. Vooronderstelling: voor  $\angle KFM = \angle DCA$  en  $\angle IFM = \angle ABE$  door I. Werkstuk 12. Voor  $LKG$ ,  $LIH$ ,  $GMH$  door I. Werkstuk 4.

BEWIJS. Dat de driehoek  $GLH$  om den cirkel beschreven is, blijkt uit de Oplossing en VI. 3. Dat hij met den gegeven gelijkhoekig is, blijkt uit II. 29. I. 3.

#### III. WERKSTUK. Fig. 91.

In eenen cirkel eenen gelijkzijdigen driehoek te beschrijven.

L. G. IV. 4.

OPLOSSING. Uit  $D$  met *radius*  $DF$  den  $\cap AFC$ : trek  $AC$  en op  $AC$  den gelijkbeenigen  $\Delta ABC$ , door II. Werkst. 3.

BEWIJS. Uit VI. 8. N°. 5.

IV.

46 VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel.

IV. WERKSTUK. Fig. 92.

Eenen cirkel in eenen gegeven driehoek  $ABD$  te beschrijven.

EUCL. IV. 4. — St. IV. 3. — L. G. II. prob. 15.

OPLOSSING. Is de bereiding van VI. 13. in de *Grondbeginsels*.

BEWIJS. Uit VI. 3. Gev. 1.

V. WERKSTUK. Fig. 93.

Eenen cirkel om eenen gegeven driehoek  $BAC$  te beschrijven.

EUCL. IV. 5. — St. IV. 4.

OPLOSSING. Is de Bereiding van V. 2.

BEWIJS. Uit V. 2. het Gevolg.

VI. WERKSTUK. Fig. 94.

Een vierkant in een gegeven cirkel te beschrijven.

EUCL. IV. 6. — St. V. 3. — L. G. IV. 3.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het III. Werkstuk van het I. Boek, en de 1. Vooronderstelling.

BEWIJS. Uit I. 21. en V. 7.

VII. WERKSTUK. Fig. 95.

Een vierkant om eenen gegeven cirkel te beschrijven.

EUCL. IV. 7. — St. IV. 6.

OPLOSSING. Door de 1. Vooronderstelling, het III. en IV. Werkstuk uit het I. Boek.

BEWIJS. Uit I. 31. en V. 7.

VIII. WERKSTUK. Fig. 96.

Eenen cirkel in een gegeven vierkant te beschrijven.

EUCL. IV. 8.

OPLOSSING. Voor  $DB$  uit de 1. Vooronderstelling en I. Werkstuk 7. voor  $EF$ ,  $EI$ ,  $EG$ ,  $EH$  uit I. Werkstuk 3. en dan door Vooronderstelling 4.

BEWIJS. Uit V. 7.

*Vl. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel. 48.*

**IX. WERKSTUK. Fig. 97.**

Eenen cirkel om een gegeven vierkant te beschrijven.

EUCL. IV. 9.

OPLOSSING. Door de 1. en 4. Vooronderstelling.

BEWIJS. Uit V. 7.

**X. WERKSTUK. Fig. 98.**

Om eenen gegeven vierhoek  $ABCD$ , waarin de tegenovergestelde hoeken  $B$  en  $D$ , en  $A$  en  $C$ , gelijk aan twee rechte zijn, eenen cirkel te beschrijven.

OPLOSSING. Trek  $AC$ : en dan door het V. Werkstuk van dit Boek, eenen cirkel om  $\Delta ABC$ , die ook door  $D$  zal gaan.

BEWIJS. Uit VI. 7.

**XI. WERKSTUK. Fig. 99.**

In eenen gegeven cirkel eenen regelmatigen vijfhoek te beschrijven.

EUCL. IV. 11. — St. IV. 7. — L. G. IV. 5.

I. OPLOSSING. VAN EUCLIDES. Door het XI. Werkstuk van het III. Boek, voor  $\Delta BAC$ ; door het 1. Werkstuk van dit Boek voor  $\Delta EFG$ : en voor  $DG$ ,  $GF$ ,  $EH$ ,  $HF$  door V. Werkstuk 7.

BEWIJS. Uit VI. 10. Gev.

II. OPLOSSING. VAN PTOLEMAEUS. Fig. 100. Rigt uit  $C$  de loodlijn  $CD$  op (door het III Werkstuk van het I. Boek); deel  $CB$  in twee gelijke deelen in  $E$ , (door het VII. van het I. Boek) beschrijf uit  $E$  met den *radius*  $ED$  den boog  $DF$ ; trek de lijn  $DF$ : het is de zijde van den vijfhoek.

BEWIJS. Uit VI. 22. Gev. 3.

**XII. WERKSTUK. Fig. 101.**

Eenen regelmatigen vijfhoek om den cirkel te beschrijven.

EUCL. IV. 12. — St. IV. 8.

OPLOSSING. Door het XI. Werkstuk van dit Boek en het IV. van het I.

BEWIJS. Uit VI. 14. Gev. 2.

**XIII.**

**48 VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel.**

**XIII. WERKSTUK. Fig. 102.**

Eenen cirkel in eenen vijfhoek, of, in het algemeen, in eene gegeven regelmatigigen veelhoek, te beschrijven.

EUCL. IV. 13. — St. IV. 12.

OPLOSSING. Door Werkstuk 15 van het I. Boek, voor hoek BCD: en dan voor CL door het V. van het I. Boek, en de 3. Vooronderstelling.

BEWIJS. Uit VI. 5.

**XIV. WERKSTUK. Fig. 103.**

Eenen cirkel om eenen vijfhoek, of, in het algemeen, om eenen gegeven regelmatigigen veelhoek te beschrijven.

EUCL. IV. 14. — St. IV. 11.

OPLOSSING. Indien het middelpunt van den veelhoek niet gegeven is, moet men het zelve zoeken door V. Werkst. 1.

BEWIJS. Uit VI. 5.

**XV. WERKSTUK. Fig. 104.**

Eenen regelmatigigen zeshoek in den cirkel te beschrijven.

EUCL. IV. 15. — St. IV. 9. — L. G. IV. 4.

OPLOSSING. Door VI. 8. Gev. 2.

BEWIJS. Uit VI. 8. het 2. Gevolg.

**XVI. WERKSTUK.**

Te bepalen welke veelhoeken men geometrisch in den cirkel beschrijven kan, en hoe men ze beschrijven moet.

OPLOSSING. De driehoek, het vierkant, de vijfhoek, en de zeshoek, zijn de eenige oorspronkelijke Figuren, die men geometrisch in den cirkel beschrijven kan.

Door middel van de vier gemelde veelhoeken, kan men een aantal andere beschrijven, en wel op tweederlei wijze.

Voor eerst, volgens het VII. Werkstuk van het V. Boek, door eene gedurige verdeling der bogen in twee gelijke deelen: op die wijze beschrijft men door middel van den driehoek, veelhoeken van 6, 12, 24, 48 zijden enz.; door middel van het vierkant, veelhoeken van 8, 16, 32 zijden enz.; door middel van den vijfhoek, veelhoeken van 10, 20, 40 zijden enz.

Ten tweeden, door de inschrijving van twee oorspronkelijke veelhoeken: want, zoo AD, AB, Fig. 105. de zijden zijn

zijn van twee veelhoeken, wier zijden  $g$  en  $G$  in getal zijn; zal de boog  $DB$ ,  $G - g$  zijden behelzen van eenen veelhoek waarin het getal zijden  $G \times g$  is: en dus, zoo  $G - g \equiv 1$ , of  $G \times g$  een veelvoud is van  $G - g$ , of zoo  $G - g \equiv 2$ , of eenige magt van 2 is, zal men den veelhoek van  $G \times g$  zijden kunnen beschrijven. Bij voorbeeld, zij  $AD$  de zijde van eenen driehoek,  $AB$  die van eenen vijfhoek; dan zal de boog  $DB$  twee zijden van eenen vijftien-hoek behelzen: en dus is de choorde van den halven boog  $BD$ , de zijde van eenen vijftien-hoek. (Zie EUCL. IV. het 16. Voorst.)

BEWIJS. Uit VI. 12. Gevolg.

I. AANMERKING. Soms tijds kunnen er bijzondere manieren plaats hebben, zoo als, bij voorbeeld, voor den tienhoek, waar voor twee oplossingen voorhanden zijn.

I. OPLOSSING. Van EUCLIDES. Fig. 30. Men snijde den *radius*  $AB$  in uiterste en middelste rede. (I. Boek, X. Werkstuk). Men make  $BC \equiv AD$ : en  $BC$  is de zijde van den tienhoek.

BEWIJS. Uit VI. 21.

II. OPLOSSING. Van PTOLEMAEUS. Fig. 100. Rigt uit  $C$  de loodlijn  $CD$  op: (I. Boek, III. Werkstuk) deel  $CB$  in twee gelijke deelen in  $E$ : (I. Boek, VII. Werkstuk). Beschrijf uit  $E$  met den *radius*  $ED$  den boog  $DF$ .  $FC$  is de zijde van den tienhoek.

BEWIJS. Uit VI. 22. het 3. Gevolg.

II. AANMERKING. Er is geen Geometrische manier bekend, om alle veelhoeken, hoegenaamd, in den cirkel te beschrijven. En in de daad, die beschrijving hangt af, gelijk van zelf blijkt, van de verdeling des omtreks van den cirkel in zoo vele gelijke deelen als er zijden in den voorgestelde veelhoek zijn, daarmede zijde de choorde is van den boog dien zij bespant: of, wat op het zelve uitkomt, die beschrijving hangt af van de verdeling van hoeken in een gegeven getal deelen: hetwelk, gelijk wij gezien hebben, *geometrisch* niet mogelijk is (zie *algemeene Aanmerking* op Werkstuk XVII. van het I. Boek): maar het is mogelijk door die *mechanische* lijn, welke men *quadratrix* noemt, gelijk aldaar is aangetoond. Men neme derhalve zulks voor gegeven aan: dan valt het niet moeilijk eenen gelijkbeenigen driehoek te maken, wiens hoeken op de grondlijn in eene bepaalde rede staan tot den hoek in den top; een Werkstuk, waarvan de oplossing de beschrijving van alle veelhoeken in den cirkel gemakkelijk maakt, zoo als in de *Grondbeginsels der Meetkunde*, VI. II. Aanm. is aangetoond. De oplossing is deze, zie CLAVIUS §. 3. van het *Appendix* op EUCL. VI. Zij een gelijkbeenige driehoek te maken, waarvan de hoeken op de grondlijn staan tot dien in de top als  $BA : BC$ . Fig. 106. Men beschrijve eenen cirkel

D

FIG. 106

### 30 *N. Book: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel.*

**FIHCKF** naar welgevallen: trek de middellijn **FG**. Men verdeelt den halven omtrek **FIHG** in **H**, zoo dat  $\angle FIH : \angle GH = BA : \frac{1}{2} BC$ . Trek **GH**, **FM**, en uit het middelpunt, **EH**; dan is  $\angle FGH : \angle GFH = \angle FIH : \angle GH$  (VIII. 1.)  $= BA : \frac{1}{2} BC$ . Gevolgelyk  $BA : BC = \angle FGH : 2 \angle GFH = \angle FGH : \angle GEH$  - derhalve is **GEH** de gevraagde driehoek. Men trekke dan in den cirkel (Fig. 107.) de middellijn **ER**: make  $\angle REH = \frac{1}{2} \angle GEH = \angle GER$ : dan is  $\angle EGH = \angle GHE$ : en de choorde **GH** is de zijde van den veelhoek die door den gelijkbeenigen driehoek **GEH** beschreven wordt. Indien **GH** de choorde moet zijn van eenen zeventien-hoek, zal  $\angle EGH$  zijn tot  $\angle GEH = 8 : 1$ . (VI. 10.).

**III. AANMERKING.** Wij merken eindelijk aan dat de Heer GAUSS, in zijn doorwrocht werk *Disquisitiones Arithmeticae*. § 365. getoond heeft, dat men in den cirkel eenen regelmatigigen veelhoek beschrijven kan van 17 zijden, of in het algemeen van een getal zijden, dat uitgedrukt wordt door 2, of eenige magt van 2, of wel door een eerste getal hetwelk deze gedaante heeft  $2^m + 1$ , of eene vermenigvuldiging is van eenige magt van 2, door een of meerdere eerste getallen van de gezegde form. Maar dit Voorstel van den Heer GAUSS hangt af van verscheide formules die eerst in de verhevene Arithmetica ontwikkeld, en dus hier geenzins uitgelegd, en door het geen in de *Grondbeginsels der Meetkunde* voorgedragen is, verstaanbaar gemaakt kunnen worden.

„Het komt verwonderlijk voor” zegt de Heer GAUSS „dat „daar de verdeling des omtreks van den cirkel in 3 en in „5 deelen, reeds ten tijde van EUCLIDES bekend was, men daar „bij, zederd twee duizend jaren niets gevoegd heeft; en dat „alle Wiskunstenaars als zeker hadden aangekondigd dat men „door geometrische constructiën geene verdeling des cirkels „kan bewerken, dan de reeds gemelde en die welke daar uit „volgen, te weten,  $2^m$ , 15,  $3.2^m$ ,  $5.2^m$ ,  $15.2^m$ .” Ook nu telt de Heer GAUSS de volgende verdelingen op welke men tot 500 toe geometrisch kan verrigten, waarvan wij die, welke van de verdeling in 17 afhangen, en dus nieuw zijn, tusschen ( ) geplaatst hebben: gelijk mede 257\* met een sterretje hebben onderscheiden, om dat het beschrijven van dien veelhoek afhangt van de formule  $2^m + 1$ : te weten 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 16, 16, (17), 20, 24, 30, 32, (34), 40, 48, (51), 60, 64, (68), 80, (85), 96, (102), 120, 128, (136), 160, (170), 192, (204), (255), 256, 257\*, (272).

**IV. AANMERKING.** Wanneer men zich met oplossingen vergenoegt die het vraagstuk niet volkomen juist, maar slechts met eene in de praktijk genoegzame nauwkeurigheid oplossen, zal men de volgende in aanmerking kunnen nemen.

### XVII. WERKSTUK.

Eenen veelhoek van zoo vele zijden men wil in den cirkel te beschrijven, of met volle nauwkeurigheid, of immers ten naasten bij.

**OPLOSSING.** Zij *g* het getal zijden.

Beschrijf op de middellijn **AB** eenen gelijkzijdigen driehoek **APB**. Fig. 108.

Deel

*VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel. 51*

Deel het dubbeld der middellijn AB in zoo vele deelen als de veelhoek zijden moet hebben: zij BD een van die deelen: zoo

$$\text{dat } BD = \frac{2 AB}{g}.$$

Trek door D de lijn FDK, en daar na de choorde BK. Ik zeg dat BK, of naauwkeurig, of ten naasten bij, de zijde is van den gevraagden veelhoek (\*).

zwijs. Trek KI loodregt en CK; dan is  $\angle KCB$  de middel-puntshoek: men noeme dien  $x$ : Dan is  $FC:CB = KI:DI = KI:CI - CD = \sin. x: \cos. x - CD$ : maar  $CD = CB$

$= BD = CB - \frac{4 CB}{g} = 1 - \frac{4}{g} = \frac{g-4}{g}$ : indien de *radius*  $CB = 1$  gesteld wordt. Maar  $FC = \sqrt{3}$ ; gevolglijk

$$\sqrt{3}: \frac{g-4}{g} = \sin. x: \cos. x - \frac{g-4}{g} =$$

$$\frac{\sin. x}{\cos. x}; 1 - \frac{g-4}{g \cdot \cos. x} = \tan. x: 1 - \frac{g-4}{g} \cdot \sec. x$$

Men stelle korthedshalve  $\frac{g-4}{g} = p$ : dan is

$$\sqrt{3}: p = \tan. x: 1 - p \cdot \sec. x: \text{en derhalve}$$

$$p \cdot \tan. x = \sqrt{3} \cdot (1 - p \cdot \sec. x) = \sqrt{3} - p \cdot \sqrt{3} \cdot \sec. x$$

$$\text{en } \tan. x = \frac{\sqrt{3}}{p} - \sqrt{3} \sec. x: \text{en}$$

$$\tan.^2 x = \frac{3}{p^2} - \frac{6}{p} \sec. x + 3 \sec.^2 x = \sec.^2 x - 1:$$

$$\text{derhalve } \sec.^2 x - \frac{3 \sec. x}{p} = - \left( \frac{3}{2 p^2} + \frac{1}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{en } \sec.^2 x - \frac{3 \sec. x}{p} + \frac{9}{4 p^2} &= - \frac{3}{2 p^2} - \frac{1}{2} + \frac{9}{4 p^2} \\ &= \frac{3 - 2 p^2}{4 p^2} \end{aligned}$$

en .

(\*) Die Oplossing werd mij vóór vele jaren door wijlen mijnen dierbaren vriend den Hoogleeraar NIEUWLAND, medegedeeld: niet als door hem uitgevonden, maar als iets dat hij elders hadt aangetroffen: hij voegde er het Bewijs bij dat ik hier laat volgen. Ik heb het stuk zelf onder de nagelatene papieren van NIEUWLAND gevonden: hij heeft er opgeschreven: „*Regle de RENALDINI pour trouver les cotés des polygones inscrits, à peu-près: tirée d'un recueil des geometrische abhandlungen von KÜSTNER, dans les allgemei- ne Litteratur anzeigen*” In de daad het Voorstel staat in RENALDINI's werk, *de resolutione et compositione Mathematica*, Lib. II. p. 367, 368: doch zonder Bewijs. RENALDINI verbeelde zich, maar te onregt, dat zijne oplossing voor alle gevallen algemeen was.



§2 VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel,

$$\text{en } \sec. x = \frac{3}{2p} = \pm \frac{\sqrt{3 - 2p^2}}{2p} : \text{ of}$$

$$\sec. x = \frac{3 - \sqrt{3 - 2p^2}}{2p} : \text{ dat is, voor } p \text{ deszelfs waarde stellende.}$$

$$\sec. x = \frac{3g - \sqrt{g^2 + 16g - 32}}{2(g - 4)} : \text{ en derhalve om dat}$$

$$\cos. x = \frac{1}{\sec. x}$$

$$\cos. x = \frac{2(g - 4)}{3g - \sqrt{g^2 + 16g - 32}}.$$

I. AANMERKING. In de oplossing van NIEUWLAND wordt de dubbeld middellijn AB in  $g$  deelen verdeeld, waarvan BD er één is. Bij RENALDINI en KESTNER wordt de middellijn in  $g$  deelen verdeeld, maar DB wordt gehomen gelijk aan twee van die deelen: het geeft derhalve op het zelfde uitkomt.

II. AANMERKING. Indien nu achterevoigens gesteld wordt:

$$g = 3; \text{ is } \cos. x = \frac{-2}{9 - \sqrt{9 + 48 - 32}} = \frac{-2}{9 - \sqrt{25}} =$$

$\frac{-2}{4} = -\frac{1}{2}$ : dus is  $\cos. x$  negatief, derhalve de hoek stomp:  $x = 120^\circ$ : dat de middelpuntshoek is eens gelijkzijdigen driehoeks in den cirkel.

Indien  $g = 4$ ; is  $\cos. x = 0$ : dus  $x = 90^\circ$ . de middelpuntshoek van het vierkant.

Indien  $g = 6$  is  $\cos. x = \frac{4}{18 - \sqrt{100}} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$  dus  $x = 60^\circ$ , middelpuntshoek van den zeshoek.

Deze zijn de eenigste gevallen waarin de regel van RENALDINI juist is: om dat daarin de *cosinus*sen door juiste getallen uitgedrukt worden.

Indien  $g = 5$ : is  $\cos. x = \frac{2}{15 - \sqrt{73}} = 0.309793$  en  $x = 71^\circ. 57'. 20''$ . in plaats van  $72^\circ$ .

Indien  $g = 10$  is  $\cos. x = \frac{12}{30 - \sqrt{228}} = 0.805357$ ; de  $x = 36^\circ. 21'. 21''$ : in plaats van  $36^\circ$ .

$$\text{Indien } g = 17 : \text{ is } \cos. x = \frac{26}{51 - \sqrt{329}} = \frac{26}{51 - 23}$$

**VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel. 53**

$\frac{26}{28} = \frac{13}{14} = 0.9285704$ : en  $x = 21^{\circ}. 47'. 47''$ : in plaats van  $21^{\circ}. 10'. 34''$ .

En de verschillen worden al grooter en grooter.

III. AANMERKING. J. C. STURMIUS hadt in zijne *Mathesis enucleata*, in 1688. uitgegeven, op bl. 38. den regel van RENALDINI als algemeene waarheid gesteld: maar JACOB BERNOULLI (*Opusculum* p. 763) heeft reeds in 1696. gewaarschuwd dat de regel van RENALDINI niet juist is: waarin hij gevolgd is door WOLF, die zulks voor den achthoek bewezen heeft in zijne *Elementa Analytices* §. 292. KARLSTNER heeft dit stuk meer opzettelijk behandelt in zijne *Geometrische Abhandlungen*, I. Sammlung, N<sup>o</sup>. 40.

**XVIII. WERKSTUK.**

Te bepalen welke regelmatige veelhoeken men om den cirkel beschrijven kan, en hoe men ze beschrijven moet.

OPLOSSING. Alle, die men in den cirkel beschrijven kan, kan men ook om den cirkel beschrijven: men gaat te werk zoo als in het XII. Werkstuk.

BEWIJS. Uit VI. 14. het 3. Gevolg.

**XIX. WERKSTUK.**

Eenigen veelhoek op eene gegeven rechte lijn te beschrijven.

OPLOSSING. Fig. 109. Men beschrijft eerst in eenen cirkel, naar welgevallen, eenen veelhoek aan den gevraagden gelijkvormig. Vervolgens maakt men op de gegeven lijn AB eenen driehoek ADB gelijkvormig aan den middelpunts-driehoek ECF van den gemaakten veelhoek. Dan beschrijft men uit D met den *radius* DA eenen cirkel, in welken men de lijnen BG, GH, enz. gelijk aan AB stelt: deze zullen den gevraagden veelhoek uitmaken.

I. AANMERKING. Hierop steunt het gebruik van den *proportional-pasfer* om dit Werkstuk op te lossen.

II. AANMERKING. Er zijn voor sommige veelhoeken korter handelwijzen: gelijk voor den driehoek en het vierkant: zie II. Boek, Werkstuk 2 en 5.

III. AANMERKING. Dit Werkstuk kan, in het algemeen, even weinig geometrisch opgelost worden als dat van het beschrijven eens veelhoeks in den cirkel: maar er kunnen oplossingen gegeven worden, die ten naaste nabij naauwkeurig zijn. Fig. 110.

Zij AB eene gegeven lijn: maak daarop den gelijkzijdigen driehoek ACB: trek de loodlijn CD: dan is  $\angle ACD$  de middelpunts-hoek van den zeshoek waarvan AB de zijde is: en dus  $\angle ACB$

54 *VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel.*

$\hat{=}$   $60^\circ$ . en  $\angle ACD \hat{=}$   $30^\circ$ : verleng DC tot in K, zoo dat CK  $\hat{=}$  AC: trek AK, BK: dan is in  $\triangle AKC$ ,  $\angle CAK \hat{=}$   $\angle AKC$ : en  $\angle ACD \hat{=}$   $2 \cdot \angle AKD$ : en dus  $\angle AKD \hat{=}$   $15^\circ$ : en  $\angle AKB \hat{=}$   $30^\circ$ : derhalve  $\triangle AKB$  de middelpunts-driehoek van een' twaalfhoek, waarvan AB de zijde is.

Verleng nu wederom DK in L zoo dat LK  $\hat{=}$  AK: trek AL, LB: dan is  $\angle ALD \hat{=}$   $\frac{1}{2} \angle AKD \hat{=}$   $7 \cdot 15$ . en dus  $\angle ALB \hat{=}$   $15^\circ$ : en derhalve  $\triangle ALB$  de middelpunts-driehoek, van een' 24 hoek, waarvan AB de zijde is: en zoo voorts voor den 48 hoek, den 96 hoek, enz.

Indien men dan uit K, met den radius KA eenen cirkel trekt, zoude de lijn AB twaalf malen op den omtrek van dien cirkel toegepast kunnen worden, en men hadt een' twaalfhoek op AB: en indien men den cirkel uit L trekt met den radius LA, zoude men AB 24 malen op den omtrek kunnen toepassen, en men hadt een' XXIV hoek.

Men stelle nu dat CK in 6 deelen in E, F, G, enz. gesneden wordt: zullen B, F, G, H, I, ten naasten bij de middelpunten zijn, waarnit de cirkels met de radii EA, FA, GA, enz. getrokken, de omrekken voor den VI<sup>de</sup> hoek, den VIII<sup>de</sup> hoek, den IX<sup>de</sup> hoek, enz. zijn.

Men neme het stip G: stellende AB  $\hat{=}$  1, is AD  $\hat{=}$   $\frac{1}{2}$  en AC  $\hat{=}$  1: CD  $\hat{=}$   $\frac{1}{2} \sqrt{3} \hat{=}$   $\frac{1}{2} \times 1.73205 \hat{=}$  0.866025;

dus DG  $\hat{=}$  CD + CG  $\hat{=}$  CD +  $\frac{AC}{2} \hat{=}$  0.866025 + 0.5  $\hat{=}$

1.366025: derhalve AD: DG  $\hat{=}$   $\frac{1}{2}$ : 1.366025  $\hat{=}$  1: 2.732050  $\hat{=}$  1:  $\cos. \angle AGD$ : di 1:  $\cos. \angle AGD \hat{=}$  2.732050: derhalve  $\angle AGD \hat{=}$   $20^\circ. 6'$ . in plaats van  $20^\circ$ : halve middelpuntshoek voor een negenhoek: een verschil dat gering is in het maken van deze soort van figuren.

Voor de veelhoeken van den XII hoek tot den XXIV hoek zoude men KL  $\hat{=}$  KA, wederom in 12 deelen verdcelen. Nu is

$(AK)^2 \hat{=}$   $(AD)^2 + (DK)^2 \hat{=}$   $(0.5)^2 + (\sqrt{3} + 1)^2 \hat{=}$   $(0.5)^2 + (1.866)^2 \hat{=}$  0.25 + 3.4482  $\hat{=}$  3.6982: en AK  $\hat{=}$   $\sqrt{3.6982} \hat{=}$  1.9231  $\hat{=}$  KL: waaruit blijkt dat voor den XVIII hoek bijv. KM  $\hat{=}$   $\frac{1}{2} AK \hat{=}$  0.9231: en derhalve MD  $\hat{=}$  MK + KD  $\hat{=}$  0.9231 + 1.866  $\hat{=}$  2.789: en derhalve

AD: DM  $\hat{=}$   $\frac{1}{2}$ : 2.789  $\hat{=}$  1: 5.578  $\hat{=}$  r:  $\cos. \angle AMD$ : dus  $\angle AMD \hat{=}$   $10^\circ. 11'$ : in plaats van  $10^\circ$ .

Er zal dan wel enig verschil plaats hebben: maar dat voor den VI hoek, XII hoek, XXIV hoek, XLVIII hoek geen plaats heeft, en voor de tusschen beide inliggende veelhoeken, in het vervaardigen van figuren zeer gering is.

Men ziet dan waarop die oplossing neder komt: Gegeven zijn de de lijn AB: beschrijf op dezelve den gelijkzijdigen driehoek ACB: en trek de loodlijn CD onbepaald boven C verlengd: de cirkel uit C met CA getrokken is die waar voor AB de zijde van den zeshoek is: Maak CK  $\hat{=}$  AC: trek KA. De cirkel uit K met KA, radius, getrokken, is die, waartn AB de zijde van den XII hoek is: neem BC  $\hat{=}$  EF  $\hat{=}$  FG  $\hat{=}$  GH  $\hat{=}$  HI  $\hat{=}$  IK  $\hat{=}$   $\frac{1}{6}$  AC: de cirkels uit B, F, G, enz. respectievelijk, met de radii EA, FA, GA, enz. getrokken, zijn die voor wel-

**VI. Boek: Over de beschr. der fig. in en om den cirkel. 55**

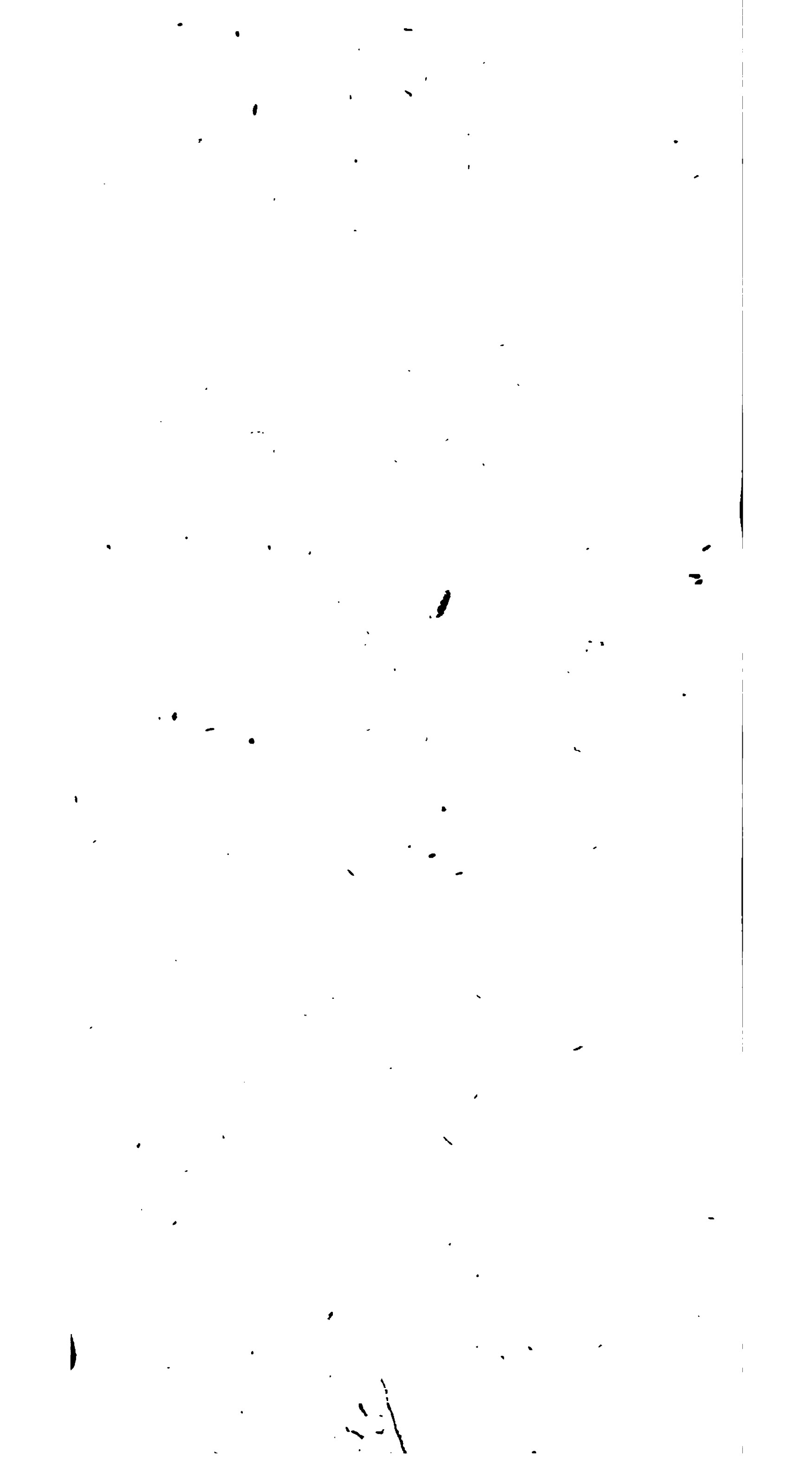
welke AB de zijde is van de VII hoek, den VIII hoek, den IX hoek, enz.

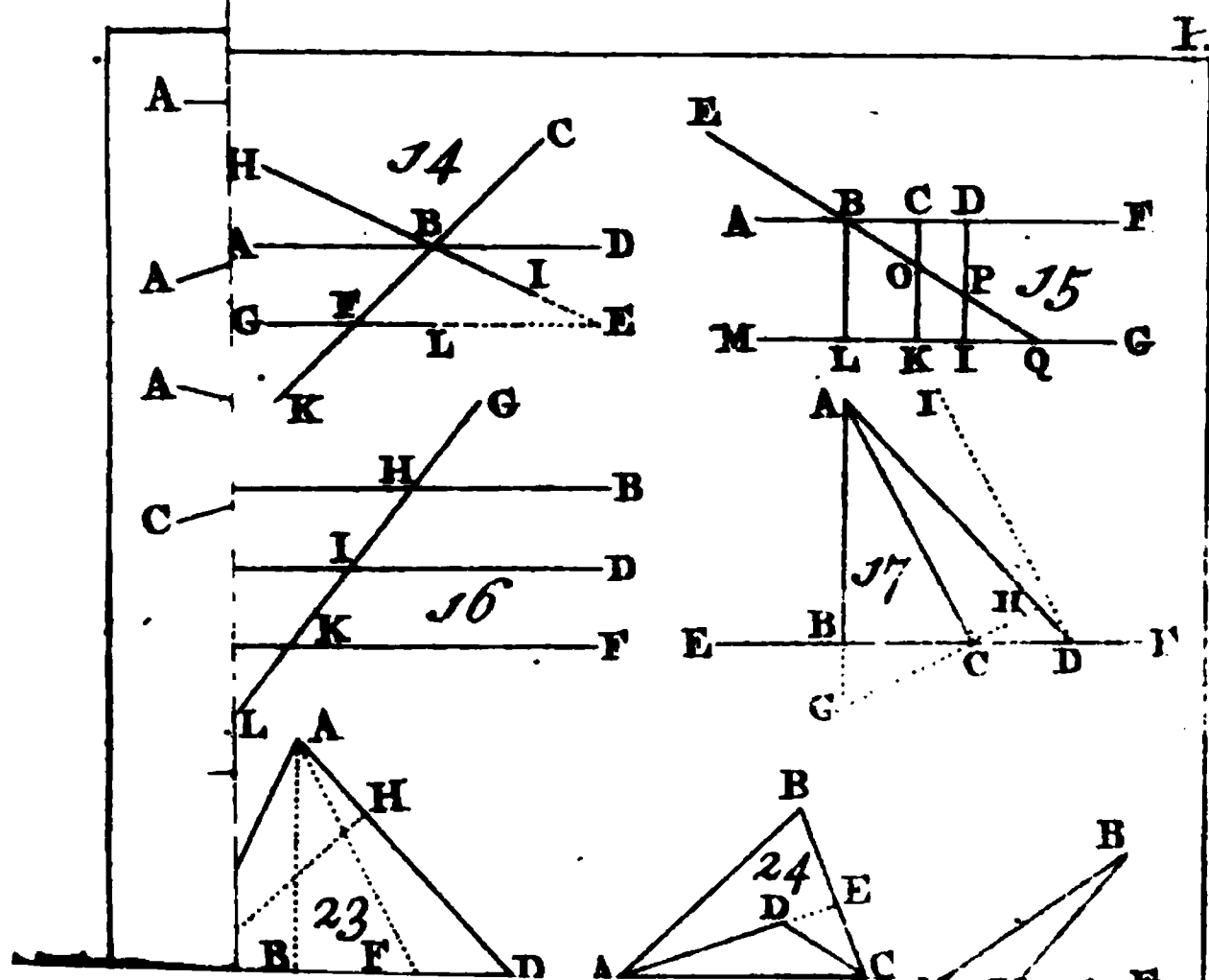
Maak  $KL = KA$ , de cirkel uit L met LA *radius* getrokken, is die waarin AB de zijde is van den XXIV hoek, enz.

Deelende KL in 12 deelen, zullen de zelve de middelpunten opleveren voor de cirkels, waarin AB is de zijde van den XIII hoek, XIV hoek, XV hoek, enz. tot den XXIV hoek: de cirkel uit M met den *radius* AM getrokken, is die waarin AB de zijde is van den XVIII hoek; *het alles ten naasten bij.*

IV. AANMERKING. Deze Oplossing wordt met eenig verschil gevonden bij SEBASTIEN LE CLERC, *Géometrie sur le papier et sur le terrain* Liv. II. pr. 6, 7. doch zonder bewijzen, of aandoening van gronden waarop het bewijs steunt. Het verschil bestaat hierin, dat die Schrijver uit C den boog CA trekt, en denzelven in zes deelen bijv. deelt, daar wij de lijn CA verdeelen: en dus neemt hij voor CE, CF, CG, enz. niet het  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{2}{6}$ ,  $\frac{3}{6}$ , van de choorde CA: maar de choorden van bogen die  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{2}{6}$ ,  $\frac{3}{6}$ , enz. zijn van den boog AC: dat wel eenige meerdere nauwkeurigheid geeft, doch te weinig om te kunnen opwegen tegen de zwaarigheid dat het verdeelen van boog AC in 6 deelen, niet dan bij toetningen geschieden kan: daar het deelen der lijn AC, in 6, vervolgens van AK, in 12, van AL in 24 deelen, geometrisch en zonder moeite verrigt wordt.

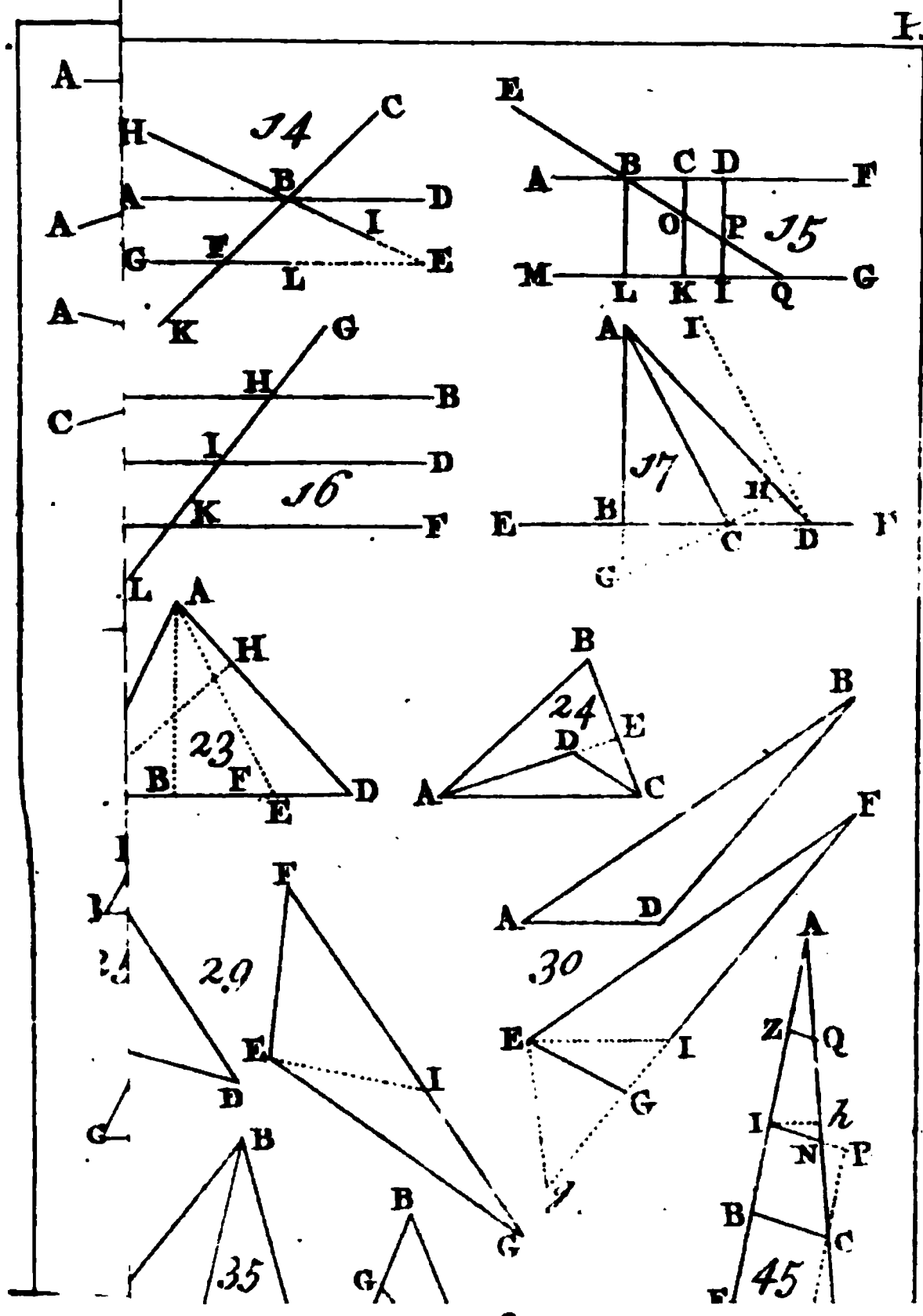
---





**J. H. VAN SWINDEN,**  
**GRONDBEGINSELS**  
**DER**  
**MEETKUNDE.**







**THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY  
REFERENCE DEPARTMENT**

---

**This book is under no circumstances to**

2000 10 10

1000

